

12.12.03

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 26 AUG 2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年12月27日  
Date of Application:

出願番号 特願2002-379214  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP2002-379214]

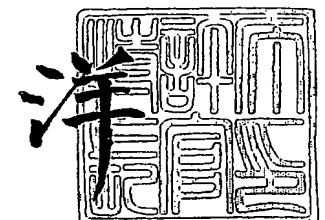
出願人 独立行政法人理化学研究所  
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月12日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 P6750

【特記事項】 特許法第 3 0 条第 1 項の規定の適用を受けようとする特  
許出願

【提出日】 平成14年12月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 15/60

【発明者】

    【住所又は居所】 埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所内

    【氏名】 雷 康斌

【発明者】

    【住所又は居所】 埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所内

    【氏名】 岩田 正子

【発明者】

    【住所又は居所】 埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所内

    【氏名】 姫野 龍太郎

【発明者】

    【住所又は居所】 埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所内

    【氏名】 加瀬 究

【特許出願人】

    【識別番号】 000006792

    【氏名又は名称】 理化学研究所

【代理人】

    【識別番号】 100097515

    【住所又は居所】 東京都港区芝 5 丁目 2 6 番 2 0 号 建築会館 4 階 アサ  
国際特許事務所

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 堀田 実

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 027018

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9600194

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 V-CADデータを直接用いた非圧縮性粘性流体の流れ場の  
数値解析方法と装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非圧縮性粘性流体と接する対象物の境界データからなる外部データ（12）を境界が直交する複数のセル（13）に分割する分割ステップ（A）と、

分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル（13a）と境界データを含む境界セル（13b）とに区分するセル区分ステップ（B）と、

前記境界データによる境界セル（13b）の稜線の切断点を求める切断点決定ステップ（C）と、

求めた切断点を結ぶ多角形を境界面のセル内部データとする境界面決定ステップ（D）と、

流れ場の境界に、VOF法を併用したカットセル有限体積法を適用して解析する解析ステップ（E）と、を備えたことを特徴とするV-CADデータを直接用いた非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析方法。

【請求項 2】 前記解析ステップ（E）において、空間積分について、対流項に二次元のQUICK補間スキームを使用し、拡散項に二次精度の中心差分を用い、時間進行について、対流項と拡散項を合わせて二次精度のAdams-Bashforth法を適用し、圧力勾配項に一次精度のEuler陰解法を用いる、ことを特徴とする請求項 1 に記載の非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析方法。

【請求項 3】 二次元境界セルにおいて、有限体積法における支配方程式を  
[数 1] の式（7）であらわす、

【数 1】

$$\iint_{V_{i,j}} \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} dV = - \iint_{V_{i,j}} \text{div}(\bar{u} \otimes \bar{u}) dV - \iint_{V_{i,j}} \text{div}(p\bar{I}) dV + \frac{1}{\text{Re}} \iint_{V_{i,j}} \text{div}(\text{grad}(\bar{u})) dV \quad (7)$$

ことを特徴とする請求項 2 に記載の非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析方法。

【請求項 4】 有限体積法における支配方程式における対流項、圧力勾配項および拡散項を [数 2] の式 (8)、(9)、(10) であらわす、

【数 2】

対流項:

$$\begin{aligned} \iint_{V_{i,j}} \text{div}(\bar{u} \otimes \bar{u}) dV &= \oint_{S_{i,j}} (\bar{u} \otimes \bar{u}) \cdot \bar{n} dS = \sum_{m=1-5} (\bar{u} \otimes \bar{u})_m \cdot \bar{n} \delta S_m \\ &= [\Delta y (B_{i,j} u_{i,j}^{(x)} - B_{i-1,j} u_{i-1,j}^{(x)}) \\ &\quad + \Delta x (A_{i,j} u_{i,j+1/2}^{(y)} - A_{i,j-1} u_{i,j-1/2}^{(y)})] \bar{i} \\ &\quad + [\Delta y (B_{i,j} v_{i,j+1/2}^{(x)} - B_{i-1,j} v_{i-1,j+1/2}^{(x)}) \\ &\quad + \Delta x (A_{i,j} v_{i,j}^{(y)} - A_{i,j-1} v_{i,j-1}^{(y)})] \bar{j} \quad \text{only no-slip on wall} \end{aligned} \quad (8)$$

圧力勾配項:

$$\begin{aligned} \iint_{V_{i,j}} \text{div}(p \bar{I}) dV &= \oint_{S_{i,j}} (p \bar{I}) \cdot \bar{n} dS = \sum_{m=1-5} p_m \bar{I} \cdot \bar{n} \delta S_m \\ &= \Delta y [B_{i,j} p_{i+1/2,j} - B_{i-1,j} p_{i-1/2,j} - p_p (B_{i,j} - B_{i-1,j})] \bar{i} \\ &\quad + \Delta x [A_{i,j} p_{i,j+1/2} - A_{i,j-1} p_{i,j-1/2} - p_p (A_{i,j} - A_{i,j-1})] \bar{j} \end{aligned} \quad (9)$$

拡散項:

$$\begin{aligned} \iint_{V_{i,j}} \text{div}(\text{grad}(\bar{u})) dV &= \oint_{S_{i,j}} \text{grad}(\bar{u}) \cdot \bar{n} dS = \sum_{m=1-5} \text{grad}(\bar{u})_m \cdot \bar{n} \delta S_m \\ &= [\Delta y (B_{i,j} \text{grad}(u)_{i+1/2,j}^x - B_{i-1,j} \text{grad}(u)_{i-1/2,j}^x - (B_{i,j} - B_{i-1,j}) \text{grad}(u)_p^x) \\ &\quad + \Delta x (A_{i,j} \text{grad}(u)_{i,j+1/2}^y - A_{i,j-1} \text{grad}(u)_{i,j-1/2}^y - (A_{i,j} - A_{i,j-1}) \text{grad}(u)_p^y)] \bar{i} \\ &\quad + [\Delta y (B_{i,j} \text{grad}(v)_{i+1/2,j}^x - B_{i-1,j} \text{grad}(v)_{i-1/2,j}^x - (B_{i,j} - B_{i-1,j}) \text{grad}(v)_p^x) \\ &\quad + \Delta x (A_{i,j} \text{grad}(v)_{i,j+1/2}^y - A_{i,j-1} \text{grad}(v)_{i,j-1/2}^y - (A_{i,j} - A_{i,j-1}) \text{grad}(v)_p^y)] \bar{j} \end{aligned} \quad (10)$$

ことを特徴とする請求項 3 に記載の非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析方法。

【請求項 5】 固体境界の積分において、固体境界でノースリップ境界条件の場合に、対流項は零とし、圧力勾配項と拡散項に対しては、切断線の間中点 P の値を平均値として用いて積分し、空間積分に対してはすべての項に開口率を適用する、ことを特徴とする請求項 3 に記載の非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析方法。

【請求項 6】 カットセルにおいて算出される物理変数の定義点を、VOF = 0.01 を閾値としてそれより小さい境界セルは完全な固体とみなし、それより大きい境界セルにおいて算出される変数をセルの中心に置く、また、稜線の交

数定義点をセル稜線の中心に定義し、更に、線分4の中心点の変数値を線形補間により求める、ことを特徴とする請求項3に記載の非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析方法。

【請求項7】 物体に働く抗力（流れ方向の力）と揚力（流れの垂直方向の力）を、[数3]の式（12）（13）であらわす、

【数3】

抗力：

$$\begin{aligned} F_x = F_D &= \iint_V \left( \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} \right) dx dy \\ &= \iint_V \left( \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} \right) dx dy + \iint_V \left( \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} \right) dy dx = \oint_S \sigma_{xx} ds + \oint_S \sigma_{xy} ds \\ &= \int_{y_1}^{y_2} (\sigma_{xx}|_{f_1(y)} - \sigma_{xx}|_{f_2(y)}) dy + \int_{x_1}^{x_2} (\sigma_{xy}|_{g_1(x)} - \sigma_{xy}|_{g_2(x)}) dx \Big|_{\text{only Cartesian}} \end{aligned} \quad (12)$$

揚力：

$$\begin{aligned} F_y = F_L &= \iint_V \left( \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} \right) dx dy \\ &= \iint_V \left( \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} \right) dx dy + \iint_V \left( \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} \right) dy dx = \oint_S \sigma_{yx} ds + \oint_S \sigma_{yy} ds \\ &= \int_{y_1}^{y_2} (\sigma_{yx}|_{f_1(y)} - \sigma_{yx}|_{f_2(y)}) dy + \int_{x_1}^{x_2} (\sigma_{yy}|_{g_1(x)} - \sigma_{yy}|_{g_2(x)}) dx \Big|_{\text{only Cartesian}} \end{aligned} \quad (13)$$

ことを特徴とする請求項3に記載の非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析方法。

【請求項8】 非圧縮性粘性流体と接する対象物（1）の境界データからなる外部データ（12）を入力する入力装置（2）と、形状と物理量を統合した実体データとその記憶演算プログラムを記憶する外部記憶装置（3）と、前記記憶プログラムを実行するための内部記憶装置（4）及び中央処理装置（5）と、実行結果を出力する出力装置（6）とを備え、

前記外部データを境界が直交する複数のセル（13）に分割し、分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル（13a）と境界データを含む境界セル（13b）とに区分し、前記境界データによる境界セル（13b）の稜線の切断点を求め、求めた切断点を結ぶ多角形を境界面のセル内部データとし、流れ場の

境界に、VOF法を併用したカットセル有限体積法を適用して解析する、ことを特徴とするV-CADデータを直接用いた非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析装置。

【請求項9】 コンピュータに、非圧縮性粘性流体と接する対象物の境界データからなる外部データ(12)を境界が直交する複数のセル(13)に分割する分割ステップ(A)と、

分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル(13a)と境界データを含む境界セル(13b)とに区分するセル区分ステップ(B)と、

前記境界データによる境界セル(13b)の稜線の切断点を求める切断点決定ステップ(C)と、

求めた切断点を結ぶ多角形を境界面のセル内部データとする境界面決定ステップ(D)と、

流れ場の境界に、VOF法を併用したカットセル有限体積法を適用して解析する解析ステップ(E)と、を実行させるための非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析プログラム。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、形状と物理量を統合した実体データを記憶するV-CADデータを直接用いた非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析方法と装置に関する。

#### 【0002】

#### 【従来の技術】

形状と物性を統合した実体データを小さい記憶容量で記憶することができ、これにより、物体の形状・構造・物性情報・履歴を一元的に管理し、設計から加工、組立、試験、評価など一連の工程に関わるデータを同じデータで管理することができ、CADとシミュレーションを一元化することできる実体データの記憶方法として、[特許文献1]が開示されている。

#### 【0003】

#### 【特許文献1】

特開 2002-230054 号公報

【0004】

〔特許文献 1〕の「形状と物性を統合した実体データの記憶方法」は、図 18 に示すように、外部データ入力ステップ (A)、八分木分割ステップ (B)、及びセルデータ記憶ステップ (C) からなり、外部データ入力ステップ (A) では、外部データ取得ステップ S1 で取得した対象物の境界データからなる外部データ 12 を本発明の方法を記憶したコンピュータ等に入力し、八分木分割ステップ (B) では、外部データ 12 を八分木分割により境界平面が直交する直方体のセル 13 に分割し、セルデータ記憶ステップ (C) では、各セル毎に種々の物性値を記憶するものである。

上述した〔特許文献 1〕の発明は、対象物の形状データからなる外部データを、八分木分割により境界平面が直交する直方体のセルに分割し、各セル毎に種々の物性値を記憶するものである。分割された各セルは対象物の内側に位置する内部セルと、境界面を含む境界セルとからなる。また、内部セルは、属性として 1 種の物性値を持ち、境界セルは、対象物の内側と外側の 2 種の物性値をもつものである。

以下、この方法によるデータを「V-CAD データ」と呼び、このデータを用いた設計やシミュレーションを「ボリウム CAD」又は「V-CAD」と呼ぶ。図 18 において 14 が V-CAD データである。

【0005】

CFD (Computational Fluid Dynamics) が実用化するに従って格子生成に手間や時間がかかり、複雑形状では計算時間よりも格子生成の時間の方が長くなっている。このため、近年、直交格子による流体解析が再び話題となっている。直交格子による流体解析に関しては、〔非特許文献 1〕～〔非特許文献 17〕が知られている。

【0006】

【非特許文献 1】

Saiki, E. M., Biringen, S., 1996, Numerical Simulation of a Cylinder in Unifo



rm flow: Application of a Virtual Boundary Method, J. Comput. Phys. 123, 450-465.

【非特許文献2】

矢部孝・肖鋒, 1997, 固体・液体・気体の統一解法とCIP法(2), 数値流体力学, 7, 103-114.

【非特許文献3】

Ye, T., Mittal, R., Udaykumar, H. S., & Shyy, W., 1999, A Cartesian Grid Method for Viscous Incompressible Flows with Complex Immersed Boundaries, AIAA-99-3312, 545-557.

【非特許文献4】

中村明・下村信雄・里深信行, 1995, デカルト格子系による任意形状物体周りの圧縮性粘性流計算, 日本機械学会論文集, 61B-592, 4319-4326.

【非特許文献5】

市川治・藤井孝蔵, 2002, 直交格子を使用した三次元の任意形状物体まわりの流体シミュレーション, 日本機械学会論文集, 68B-669, 1329-1336.

【非特許文献6】

朴炳湖・黒田成昭, 2000, 非圧縮性粘性流れの直交格子解法, ながれ, 19, 37-46.

【非特許文献7】

Ono, K., Tomita, N., Fujitani, K., & Himeno, R., 1998, An Application of Voxel Modeling Approach to Prediction of Engine Cooling Flow, Society of Automotive Engineers of Japan, Spring Conve

ntion, No. 984, 165-168.

【非特許文献8】

<http://kuwahara.isas.ac.jp/index.html>

【非特許文献9】

寺本進・藤井孝蔵, 1998, 直交格子法による三次元物体周りの流れ解析, 第12回数値流体力学シンポジウム講演論文集, 299-300.

【非特許文献10】

Quirk, J. J., 1994, An Alternative to Unstructured Grids for Computing Gas Dynamic Flows Around Arbitrarily Complex Two-Dimensional Bodies, Computers Fluids, 23, 125-142.

【非特許文献11】

Karman, S. L. Jr., 1995, SPLITFLOW: A 3D Unstructured Cartesian/Prismatic Grid (12) dynamics of CFD Code for Complex Geometries, AIAA 95-0343.

【非特許文献12】

Hirt, C. W., & Nichols, B. D., 1981, Volume of Fluid (VOF) Method for the Free Boundaries, J. Comput. Phys. 39, 201-225.

【非特許文献13】

Hirt, C. W., & Cook, J. L., 1972, Calculating Three-dimensional Flows Around Structures and Over Rough Terrain, J. Comput. Phys. 10, 324-340.

【非特許文献14】

加瀬究・手嶋吉法, 2001, ポリウムCADの開発, 理研シンポジウム・ものづくり情報技術統合化研究, 第1回, 6-11.

【非特許文献15】

豊田郁夫・荒川忠一, 1999, 直交適合格子法による円柱周り流れの解析, 第13回数値流体力学シンポジウム, F03-1, CD-ROM.

【非特許文献16】

松宮輝・木枝香織・谷口伸行・小林敏雄, 1993, 三次精度風上差分法による二次元円柱周り流れの数値シミュレーション, 日本機械学会論文集, 59B-566, 2937-2943.

【非特許文献17】

Bouard, R., & Coutanceau, M., 1980, The early stage of development of the wake behind an impulsively started cylinder for  $40 < Re < 10^4$ , J. Fluid Mech., 101-3, 583-607.

【0007】

流体解析では現在、複雑な三次元形状の流れ場も重合格子や非構造格子技法を使って計算できるようになったが、メッシュ生成がシミュレーション全体の大きな部分を占めるようになった。このため、完全自動化できるメッシュ生成法として、直交格子を用いることが有望視されている。

【0008】

直交格子系による任意形状の数値解析では、物体境界の取り扱いの難しさがよく知られている。近年、流れ場の境界近くの離散化や境界条件の扱う方法によって、いくつかの直交格子法が提案されている。

例えば、仮想境界法 [非特許文献1] (Virtual Boundary)、CIP [非特許文献2] (Cubic-Interpolated Propagation) 密度関数法、Immersed Boundary method法 [非特許文献3], NPLC (Neighboring Point Local Collocation) 法 [非特許文献4], 格子点間に位置する

境界までの距離を差分スキームに取り込む法 [非特許文献 5]、部分境界適合直交格子法 [非特許文献 6] などがある。

これらの方法は物体境界が厳密に扱われるが、その分計算処理が複雑であり、必ずしも任意形状の三次元問題に向いているとはいえない。

#### 【0009】

一方、実用化の観点から、直交格子法は基本的に直交格子だけで階段状の境界を生成し、物体形状を近似する方法（例えば、小野 [非特許文献 7]・日産自動車、桑原 [非特許文献 8]・計算流体研）と、カットセルを導入して境界形状を取り扱う近似度を高める方法（例えば、藤井 [非特許文献 9]・宇宙研、Quirk [非特許文献 10]・J. J., NASA）の二種類が有望である。

しかし、カットセルによる方法では、直交格子内を境界が任意の場所を通るため、境界上で隣り合ったセルの大きさに大きな差が生じることがあり、カットセル直交格子では粘性流れの解析が難しいという報告 [非特許文献 11] もあった。

#### 【0010】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上述したように、従来の重合格子や非構造格子を用いて、非圧縮粘性流体の流れ場の数値解析を行う場合には、格子生成を完全には自動化できず、そのため格子生成がシミュレーション時間全体に占める割合が高く、シミュレーション時間の短縮が困難な問題点があった。

一方、直交格子を用いた流れ場の数値解析は、格子生成を自動化できるものの、直交格子により物体境界を表現することが難しく、結果としてシミュレーション精度がわるい問題点があった。

また特に、カットセルによる方法では、直交格子内を境界が任意の場所を通るため、境界上で隣り合ったセルの大きさに大きな差が生じることがあり、カットセル直交格子では粘性流れの解析が難しかった。

#### 【0011】

本発明は、かかる問題点を解決するために創案されたものである。すなわち、本発明の目的は、格子生成を完全に自動化することができ、物体境界の表現が容

易であり、比較的簡単な計算処理により、精度の高いシミュレーションを短時間で行うことができる V-CAD データを直接用いた非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析方法と装置を提供することにある。

#### 【0012】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明によれば、非圧縮性粘性流体と接する対象物の境界データからなる外部データ (12) を境界が直交する複数のセル (13) に分割する分割ステップ (A) と、分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル (13a) と境界データを含む境界セル (13b) とに区分するセル区分ステップ (B) と、前記境界データによる境界セル (13b) の稜線の切断点を求める切断点決定ステップ (C) と、求めた切断点を結ぶ多角形を境界面のセル内部データとする境界面決定ステップ (D) と、流れ場の境界に、VOF 法を併用したカットセル有限体積法を適用して解析する解析ステップ (E) と、を備えたことを特徴とする V-CAD データを直接用いた非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析方法が提供される。

#### 【0013】

また、本発明によれば、非圧縮性粘性流体と接する対象物 (1) の境界データからなる外部データ (12) を入力する入力装置 (2) と、形状と物理量を統合した実体データとその記憶演算プログラムを記憶する外部記憶装置 (3) と、前記記憶プログラムを実行するための内部記憶装置 (4) 及び中央処理装置 (5) と、実行結果を出力する出力装置 (6) とを備え、

前記外部データを境界が直交する複数のセル (13) に分割し、分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル (13a) と境界データを含む境界セル (13b) とに区分し、前記境界データによる境界セル (13b) の稜線の切断点を求め、求めた切断点を結ぶ多角形を境界面のセル内部データとし、流れ場の境界に、VOF 法を併用したカットセル有限体積法を適用して解析する、ことを特徴とする V-CAD データを直接用いた非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析装置が提供される。

#### 【0014】

さらに、本発明によれば、コンピュータに、非圧縮性粘性流体と接する対象物の境界データからなる外部データ (12) を境界が直交する複数のセル (13) に分割する分割ステップ (A) と、分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル (13a) と境界データを含む境界セル (13b) とに区分するセル区分ステップ (B) と、前記境界データによる境界セル (13b) の稜線の切断点を求める切断点決定ステップ (C) と、求めた切断点を結ぶ多角形を境界面のセル内部データとする境界面決定ステップ (D) と、流れ場の境界に、VOF法を併用したカットセル有限体積法を適用して解析する解析ステップ (E) と、を実行させるための非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析プログラムが提供される。

#### 【0015】

上記本発明の方法及び装置により、精度と安定性を有し、計算コストがあまりかからず、かつ、格子生成を完全に自動化することができ、物体境界の表現が容易であり、比較的簡単な計算処理により、精度の高いシミュレーションを短時間で行うことができることが分かった。

#### 【0016】

本発明の好ましい実施形態によれば、前記解析ステップ (E) において、空間積分について、対流項に二次元のQUICK補間スキームを使用し、拡散項に二次精度の中心差分を用い、時間進行について、対流項と拡散項を合わせて二次精度のAdams-Bashforth法を適用し、圧力勾配項に一次精度のEuler陰解法を用いる。

#### 【0017】

この方法により、格子生成を完全に自動化することができ、かつ安定性と離散化精度を確保することができる。

#### 【0018】

二次元境界セルにおいて、有限体積法における支配方程式を式 (7) であらわす。

この式 (7) は、非圧縮粘性流体の基礎支配方程式 (1) をテンソル形の発散型に書き換えた式 (6) を二次元境界セルの流体部分をコントロールボリューム (CV)  $V_{i,j}$  として、空間積分したものであり、非圧縮粘性流体の基礎支配方

程式(1)を満たすことができる。

#### 【0019】

有限体積法における支配方程式における対流項、圧力勾配項および拡散項を式(8)、(9)、(10)であらわす。

式(8)～(10)には、稜線の切断点を結ぶ対象物の境界データが含まれるため、境界における流れ場の非圧縮性粘性流体の数値解析ができる。

#### 【0020】

固体境界の積分において、固体境界でノースリップ境界条件の場合に、対流項は零とし、圧力勾配項と拡散項に対しては、切断線の間点Pの値を平均値として用いて積分し、空間積分に対してはすべての項に開口率を適用する。

この方法により、直交格子の完全自動化が保たれ、かつ流体計算におけるコントロールボリュームで保存則を厳密に満たすことができる。

#### 【0021】

カットセルにおいて算出される物理変数の定義点を、 $VOF = 0.01$ を閾値としてそれより小さい境界セルは完全な固体とみなし、それより大きい境界セルにおいて算出される変数をセルの中心に置く、また、稜線の変数定義点をセル稜線の中心に定義し、更に、線分4の中心点の変数値を線形補間により求める。

この方法によっても、直交格子の完全自動化が保たれ、かつ流体計算におけるコントロールボリュームで保存則を厳密に満たすことができる。

#### 【0022】

物体に働く抗力(流れ方向の力)と揚力(流れの垂直方向の力)を、[数3]の式(12)(13)であらわす。

この式により、直交格子において、抗力と揚力を容易かつ精度よく求めることができる。

#### 【0023】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の好ましい実施形態を図面を参照して説明する。

図1は、本発明の数値解析方法を実行するための数値解析装置の構成図である。この図に示すように、本発明の数値解析装置10は、入力装置2、外部記憶装

置 3、内部記憶装置 4、中央処理装置 5 および出力装置 6 を備える。

#### 【0024】

入力装置 2 は、例えばキーボードであり、対象物 1 の形状データからなる外部データ 12 を入力する。外部記憶装置 3 は、ハードディスク、フロッピーディスク、磁気テープ、コンパクトディスク等であり、形状と物理量を統合した実体データとその記憶演算プログラムを記憶する。内部記憶装置 4 は、例えば RAM、ROM 等であり、演算情報を保管する。中央処理装置 5 (CPU) は、演算や入出力等を集中的に処理し、内部記憶装置 4 と共に、記憶プログラムを実行する。出力装置 6 は、例えば表示装置とプリンタであり、記憶した実体データと記憶プログラムの実行結果を出力するようになっている。

#### 【0025】

本発明の記憶演算装置 10 は、上述した外部記憶装置 3、内部記憶装置 4、及び中央処理装置 5 により、外部データを境界が直交する複数のセル 13 に分割し、分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル 13a と境界データを含む境界セル 13b とに区分し、境界データによる境界セル 13b の稜線の切断点を求め、求めた切断点を結ぶ多角形を境界面のセル内部データとし、流れ場の境界に、VOF 法を併用したカットセル有限体積法を適用して解析する。

#### 【0026】

図 2 は、本発明の数値解析方法とそのプログラムのフロー図である。この図に示すように、本発明の方法及び変換プログラムは、分割ステップ (A)、セル区分ステップ (B)、切断点決定ステップ (C)、境界面決定ステップ (D)、及び解析ステップ (E) からなる。

#### 【0027】

外部から入力する外部データ 12 は、多面体を表すポリゴンデータ、有限要素法に用いる四面体又は六面体要素、3次元 CAD 又は CG ツールに用いる曲面データ、或いはその他の立体の表面を部分的な平面や曲面で構成された情報で表現するデータである。

#### 【0028】

外部データ 12 は、このようなデータ (S-CAD データと呼ぶ) のほかに、



(1) V-CAD独自のインターフェース (V-i n t e r f a c e) により人間の入力により直接作成されたデータと、(2) 測定機やセンサ、デジタイザなどの表面のデジタイズデータや、(3) CTスキャンやMRI、および一般的にV o l u m eレンダリングに用いられているボクセルデータなどの内部情報ももつV o l u m eデータであってもよい。

#### 【0029】

分割ステップ(A)では、外部データ取得ステップ(図示せず)で取得した非圧縮性粘性流体と接する対象物の境界データからなる外部データ12を境界平面が直交する複数のセル13に分割する。この分割は、3次元の場合は、八分木分割であり、2次元の場合には4分割である。

すなわちこの分割ステップ(A)における分割とは、目的とする非圧縮性粘性流体と接する対象物を含む、基準となる直方体(または矩形)を分割(8分割又は4分割)し、それぞれの領域の中に立体が完全に含まれるか、含まれなくなるまで再帰的に分割処理を繰り返す。この分割によりボクセル表現よりも大幅にデータ量を減らすことができる。

#### 【0030】

空間分割により分割された一つの空間領域をセル13とよぶ。セルは境界が直交する直方体または矩形である。セルによる階層構造、分割数もしくは分解能によって空間中に占める領域を表現する。これにより空間全体の中で対象は大きさの異なるセルを積み重ねたものとして表現される。

#### 【0031】

セル区分ステップ(B)では、分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル13aと境界データを含む境界セル13bとに区分する。

すなわち本発明では非圧縮性粘性流体と接する対象物の内側または外側に完全に内部に含まれるものはその最大の大きさをもつ内部セル13a(立方体)とし、外部データ12からの境界情報を含むセルは境界セル13bとする。

#### 【0032】

切断点決定ステップ(C)では、境界データによる境界セル13bの稜線の切断点15を求める。

## 【0033】

境界面決定ステップ(D)では、求めた切断点を結ぶ多角形を境界面のセル内部データとする。以下、かかる切断点を結ぶ多角形を含むセルを「カットセル」と呼ぶ。

## 【0034】

解析ステップ(E)では、上述した内部セル13aと境界セル13bに対して、流れ場の境界に、VOF法を併用したカットセル有限体積法を適用して非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析を行う。この結果は、例えばCAMやポリゴンデータとして出力する。

## 【0035】

以下、本発明を更に詳細に説明する。

1. 本発明ではV-CADプログラムにおける実用性のある流体解析技術を目指し、カットセル(KTC)直交格子による任意形状の非圧縮粘性流れの解析方法を開発した。本発明において、流れ場の境界での扱いについては、Hirtらが提案しているVOF (Volume Of Fluid) 法[非特許文献12]を併用したカットセル有限体積法を用いた。また本発明の方法による内部流であるチャンネル内流れと、外部流の円柱まわり流れを解析し、実験データ、理論解、及び既存の方法による解析結果との比較を行った。更に、本解析法の応用例として、いくつかの計算結果を合わせて示した。

## 【0036】

## 2. 基礎方程式と計算方法

## 2.1 基礎方程式

本発明で用いる基礎支配方程式は[数4]の式(1)(2)に示す非圧縮粘性流体のNavier・Stokes方程式と連続の式である。

## 【0037】

## 【数 4】

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial(u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{1}{Re} \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} + f_i \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (2)$$

## 【0038】

ここで  $Re$  は流れ場の代表長さと代表速度で定義されるレイノルズ数と呼ばれる無次元数であり、物理的には流れ場における慣性力と粘性力の比を表している。 $u$  は速度、 $p$  は圧力である。また、 $i = 1, 2, 3$ 、 $j = 1, 2, 3$  は直交座標系での各方向を表している。なお、 $i, j$  に関しては縮約を取ることにし、これ以降もそのように表すものとする。式 (1) より流れ場における外力  $f_i$  を考慮しない場合に非圧縮性粘性流体の運動はただ一つのパラメータ  $Re$  で支配されていることが分かる。

## 【0039】

## 2. 2 計算精度・計算コスト及び計算方法

流体のシミュレーションは一種の数値実験であり、つねに一定の誤差を伴う。流体解析を精度よく行うには、以下の四つの条件が必要となる。

- ① 流れの最小長さスケール（境界層・渦・衝撃波・火炎面など）を捕らわれるほど細かい空間解像度。
- ② 流れの最大長さスケールを十分に捕獲するほど大きい計算領域と、人為的な流入・流出境界条件・壁によるブロッキングなど影響を無視できるほどの計算領域。
- ③ 打ち切り誤差や数値拡散などを無視できるほど十分な空間的・時間的な離散化精度。
- ④ 特定問題に即したモデル（壁面モデル・乱流SGSモデル・燃焼モデルなど）やスキーム（K-K・QUICK・MUSCL・TVD・ENOなど）、差分法を援用すれば、できるだけ直交等方性のある格子。

## 【0040】

流体解析の計算コスト（計算時間・必要なメモリ）は、その計算方法に求めら

れる解析精度によって決められるといえる。実用的な流体解析では、ある程度の精度（例えば、普通の物理実験の精度範囲や、ユーザーに求められる精度）があれば、十分と考えられる。

一方、流れ場は内部流、外部流及びそのほか（例えば噴流）に分類される。一般に外部流の解析領域は内部流のものより大きくとるのが普通である。本発明では実用性の観点から、外部流の場合には、流れ場の代表長さスケール $D$ （ $=1$ ）として、解析領域の大きさはすべて $10D \times 10D$ とした。

#### 【0041】

本発明では、差分法を併用した有限体積法を用いる。ある程度の安定性や離散化精度を確保するため、空間積分について、対流項に二次元のQUICK補間スキームを使用し、拡散項に二次精度の中心差分を用いる。時間進行について、対流項と拡散項を合わせて二次精度のAdams-Bashforth法を適用し、圧力勾配項に一次精度のEuler陰解法を用いる。解析アルゴリズムとしての圧力と速度のカップリングには、Hirtらにより提案された圧力と速度を同時緩和するSOLA（HSMAC）法（13）を使用し、緩和係数1.65でSOR法を用いて反復計算を行う。収束判定は連続方程式（2）の残差が0.0002とする。また圧力振動を防ぐために三方向の速度 $u$ 、 $v$ 、 $w$ 、及び圧力 $p$ の格子上の定義点を、半メッシュをずれるスタガード格子を配置する。

#### 【0042】

### 2.3 V-CADデータによる固体・流体境界の取扱い

Volume-CADシステムの中にもっとも重要なアルゴリズムは加瀬・手嶋[非特許文献14]により提案されるセルの切断点からモノの表面形状を復元するKTCアルゴリズムである。このKTCアルゴリズムは流体解析分野における直交格子カットセル（Cut Cell）法と同じ概念であることを注意されたい。また、KTCは二次元においても一個のセルの四つの稜線上に2個以上の交点（切断点）があり得るが、本発明では簡単のために二次元で一個のセルの稜線上に2個だけの切断点に限るとする。この場合のKTCは図3に示すように二種類しかないことがわかる。

#### 【0043】

カットセル法における開口率は、セルの稜線に流体部分が占める比率として図 3 に示すように流体・固体境界とセル稜線との交点情報から [数 5] の式 (3) で定義される。

ここで、 $\Delta x_{i,j}$ 、 $\Delta y_{i,j}$  はそれぞれ X 方向と Y 方向の格子幅であり、 $A_{i,j}$ 、 $B_{i,j}$  は X 方向と Y 方向の開口率である。また、 $Vx_{i,j}$ 、 $Vy_{i,j}$  はそのセル稜線上に固体が占める線分を表す。

各方向の開口率が分かれば、VOF 法における流体の体積占有率は [数 5] の式 (4) と式 (5) により求められる。

【0044】

【数 5】

$$A_{i,j} = \frac{\Delta x_{i,j} - Vx_{i,j}}{\Delta x_{i,j}} \quad B_{i,j} = \frac{\Delta y_{i,j} - Vy_{i,j}}{\Delta y_{i,j}} \quad 0 \leq A_{i,j}, B_{i,j} \leq 1 \quad (3)$$

$$VF_{i,j} = 1 - 0.5(2 - A_{i,j} - A_{i,j-1})(2 - B_{i,j} - B_{i-1,j}) \quad (4)$$

$$\text{when}(A_{i,j} + A_{i,j-1} > 1) \text{ and } (B_{i,j} + B_{i-1,j} > 1)$$

$$VF_{i,j} = 0.5(A_{i,j} + A_{i,j-1})(B_{i,j} + B_{i-1,j}) \quad (5)$$

$$\text{when}(A_{i,j} + A_{i,j-1} \leq 1) \text{ or } (B_{i,j} + B_{i-1,j} \leq 1)$$

【0045】

## 2. 4 VOF 有限体積法による離散化

有限体積法で保存型の支配方程式を離散化する場合、方程式 (1) の積分形をグリーン定理 (発散定理) に適用するため、微分型の方程式 (1) をテンソル形の発散型に書き換えると [数 6] の式 (6) のようになる。

ここで、 $\odot$  に  $\times$  はテンソル積であり、ベクトル  $I$  は Kronecker  $\delta_{ij}$  に対応する単位テンソルである。

流体固体境界での離散化は、本発明の肝心なところになる。境界セル以外の格子における有限体積法による直交格子での離散化は従来の方法でもあまり問題が生じないのでここでは省略する。流体固体境界では図 3 のような KTC セルを想定して式 (6) の空間離散化を行う。また式 (6) の時間離散化について、流体占有率 VOF を用いてコントロールボリューム (CV) 内における速度の時間勾

配を平均値とみなして、従来の方法通りで行えるため、境界セルでの時間離散化の説明も省く。

【0046】

さて、図4の二次元境界セルの流体部分をコントロールボリューム (CV)  $V_{i,j}$  として、式(6)を空間積分する(ここで簡単のため外力項ベクトル  $f=0$  とした)と、有限体積法における支配方程式は[数6]の式(7)になる。

【0047】

【数6】

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} = -\text{div}(\bar{u} \otimes \bar{u}) - \text{div}(p\bar{I}) + \frac{1}{\text{Re}} \text{div}(\text{grad}(\bar{u})) + \bar{f} \quad (6)$$

$$\iint_{V_{i,j}} \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} dV = - \iint_{V_{i,j}} \text{div}(\bar{u} \otimes \bar{u}) dV - \iint_{V_{i,j}} \text{div}(p\bar{I}) dV + \frac{1}{\text{Re}} \iint_{V_{i,j}} \text{div}(\text{grad}(\bar{u})) dV \quad (7)$$

【0048】

式(7)における対流項、圧力勾配項および拡散項をそれぞれグリーン定理(発散定理)に適用すると、コントロールボリュームにおける面積分(三次元の場合に体積積分)は、閉直線の線積分(三次元の場合に閉平面の面積分)に転換され、図4のコントロールボリュームの五つの稜線(1→2→3→4→5→1)に(反時計まわり方向をとる)沿って線積分することになる。本発明のデカルト座標では、上記の対流項、圧力勾配項および拡散項はそれぞれ[数7]のように離散化される。

【0049】

## 【数 7】

対流項:

$$\begin{aligned}
\iint_{V_{i,j}} \text{div}(\bar{u} \otimes \bar{u}) dV &= \oint_{S_{i-5}} (\bar{u} \otimes \bar{u}) \cdot \bar{n} dS = \sum_{m=1-5} (\bar{u} \otimes \bar{u})_m \cdot \bar{n} \delta S_m \\
&= [\Delta y (B_{i,j} u_{i,j}^{(x)} u_{i,j} - B_{i-1,j} u_{i-1,j}^{(x)} u_{i-1,j}) \\
&\quad + \Delta x (A_{i,j} u_{i,j+1/2}^{(y)} v_{i,j} - A_{i,j-1} u_{i,j-1/2}^{(y)} v_{i,j-1})] \bar{i} \\
&\quad + [\Delta y (B_{i,j} v_{i,j+1/2}^{(x)} u_{i,j} - B_{i-1,j} v_{i-1,j+1/2}^{(x)} u_{i-1,j}) \\
&\quad + \Delta x (A_{i,j} v_{i,j}^{(y)} v_{i,j} - A_{i,j-1} v_{i,j-1}^{(y)} v_{i,j-1})] \bar{j} \quad \text{only no-slip on wall}
\end{aligned} \quad (8)$$

圧力勾配項:

$$\begin{aligned}
\iint_{V_{i,j}} \text{div}(p \bar{I}) dV &= \oint_{S_{i-5}} (p \bar{I}) \cdot \bar{n} dS = \sum_{m=1-5} p_m \bar{I} \cdot \bar{n} \delta S_m \\
&= \Delta y [B_{i,j} p_{i+1/2,j} - B_{i-1,j} p_{i-1/2,j} - p_p (B_{i,j} - B_{i-1,j})] \bar{i} \\
&\quad + \Delta x [A_{i,j} p_{i,j+1/2} - A_{i,j-1} p_{i,j-1/2} - p_p (A_{i,j} - A_{i,j-1})] \bar{j}
\end{aligned} \quad (9)$$

拡散項:

$$\begin{aligned}
\iint_{V_{i,j}} \text{div}(\text{grad}(\bar{u})) dV &= \oint_{S_{i-5}} \text{grad}(\bar{u}) \cdot \bar{n} dS = \sum_{m=1-5} \text{grad}(\bar{u})_m \cdot \bar{n} \delta S_m \\
&= [\Delta y (B_{i,j} \text{grad}(u)_{i+1/2,j}^x - B_{i-1,j} \text{grad}(u)_{i-1/2,j}^x - (B_{i,j} - B_{i-1,j}) \text{grad}(u)_p^x) \\
&\quad + \Delta x (A_{i,j} \text{grad}(u)_{i,j+1/2}^y - A_{i,j-1} \text{grad}(u)_{i,j-1/2}^y - (A_{i,j} - A_{i,j-1}) \text{grad}(u)_p^y)] \bar{i} \\
&\quad + [\Delta y (B_{i,j} \text{grad}(v)_{i+1/2,j}^x - B_{i-1,j} \text{grad}(v)_{i-1/2,j}^x - (B_{i,j} - B_{i-1,j}) \text{grad}(v)_p^x) \\
&\quad + \Delta x (A_{i,j} \text{grad}(v)_{i,j+1/2}^y - A_{i,j-1} \text{grad}(v)_{i,j-1/2}^y - (A_{i,j} - A_{i,j-1}) \text{grad}(v)_p^y)] \bar{j}
\end{aligned} \quad (10)$$

## 【0050】

ここで、速度変数の下添え字はスタガード格子ステンシルにより変化することを注意されたい。またはベクトル  $i$ ,  $j$  はそれぞれ X 方向と Y 方向の方程式を表す。対流項の離散式 (8) の中に上添え字 (x) (y) が付いた速度は、それぞれ X 方向と Y 方向に二次元 QUICK 補間を適用する。拡散項の離散式 (10) の中に上添え字 x, y が付いた速度勾配は、それぞれ X 方向と Y 方向の速度勾配を表し、そこで各々二次中心差分を適用する。

## 【0051】

カットセルによる離散化には、二つのキーポイントがあることを注意されたい。

。

キーポイントの一つは固体境界 (図 4 の切断線 4) の積分の取り扱いである。

有限体積法では、一階偏微分の対流項と圧力勾配項の境界条件はディリクレ条件であり、二階偏微分の拡散項の境界条件はノイマン問題となる。固体境界でノースリップ境界条件の場合に、図4の切断線4のところに対流項が零となるから対流項を積分しなくてもいいが、圧力勾配項と拡散項に対して切断線4のところに積分しなければいけない。これは式(9)と式(10)の各々最後の項に切断線4の中間点Pの値を(平均値として)用いて積分するわけである。また空間積分に対してすべての項に開口率を適用する必要もあることを注意されたい。

#### 【0052】

もう一つのキーポイントは、カットセルにおいて算出される物理変数の定義点である。有限体積法では流体占有率VOFで体積平均を行うため、物理変数の定義点は流体のコントロールボリュームの中心(例えば図4の・点で示すC点)に置くのが自然だが、そうすると直交等間隔格子の完全自動化メリットがなくなる。その故、本発明では $VOF = 0.01$ を閾値としてそれより小さい境界セルは完全の固体とみなし、それより大きい境界セルにおいて算出される変数はコントロールボリュームの中心ではなく、セルの中心(例えば図4の+印で示すD点)に置くこととする。同じく図4の稜線3と稜線5の変数定義点も線分の中心○ではなく、セル稜線の中心◎に定義される。また線分4の中心点Pに変数が定義されていないため、本発明でその点の変数値を線形補間により求める。こう処理すると、固体境界の再現性を損するものの、直交格子の完全自動化が保たれ、実用化に向ける。また流体の計算はコントロールボリュームで保存則が厳密に満たされ、上記の処理は流れ場の計算精度に及ぼす影響がそれほど大きくないと考えられる。

#### 【0053】

### 2.5 物体に働く抗力と揚力について

物体まわりの流れを解析するとき、その物体に働く抗力と揚力の計算について、一般座標系の境界適合格子の場合に物体の第1格子点に沿って積分すれば簡単だが、直交格子で取り扱う場合にはやや煩雑となる。そこで本発明では、以下の方法で抗力と揚力を求める。

物体に働く力は、その物体表面に作用する流体応力テンソルを閉積分して、グ



グリーン定理を適用すれば、二次元の場合に [数 8] の式 (11) ように得られる。

ここで  $\sigma_n$  は法線方向の平面に働く応力テンソル、 $\sigma$  は物体表面その点での応力テンソルである。また二次元の二階応力テンソルの発散はそのテンソルの四つの方向からなることを注意されたい。それで X 方向を流れ方向、Y 方向を流れの垂直方向とすると、物体に働く抗力 (流れ方向の力) と揚力 (流れの垂直方向の力) は、グリーン定理を再び適用すると [数 8] の式 (12) (13) のようになる。

#### 【0054】

抗力と揚力が分かれば、無次元量としての抗力係数  $C_D$  と揚力係数  $C_L$  を、主流速度  $U$ 、流体密度  $\rho$  及び物体の基準面積  $A$  (二次元の場合は基準長さ) を用いて [数 5] の式 (14) のように無次元化される。

また非定常現象を表わす無次元量のストローハル数  $S_t$  は、 $C_L$  の周波数  $f_L$  から [数 8] の式 (15) で求める。

#### 【0055】

## 【数 8】

$$\begin{aligned}
 F &= \oint_S \sigma_n ds = \iiint_V \operatorname{div} \sigma dV = \iiint_V \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} dV = \iiint_V \left( \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + \frac{\partial \sigma_{ji}}{\partial y_j} \right) dV \\
 &= \iiint_V \left( \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} \right) dx dy + \left( \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} \right) dx dy = F_x \vec{i} + F_y \vec{j}
 \end{aligned} \quad (11)$$

抗力:

$$\begin{aligned}
 F_x &= F_D = \iiint_V \left( \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} \right) dx dy \\
 &= \iiint_V \left( \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} \right) dx dy + \iiint_V \left( \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} \right) dy dx = \oint_S \sigma_{xx} ds + \oint_S \sigma_{xy} ds \\
 &= \int_{y_1}^{y_2} (\sigma_{xx}|_{f_1(y)} - \sigma_{xx}|_{f_2(y)}) dy + \int_{x_1}^{x_2} (\sigma_{xy}|_{g_1(x)} - \sigma_{xy}|_{g_2(x)}) dx \Big|_{\text{only Cartesian}}
 \end{aligned} \quad (12)$$

揚力:

$$\begin{aligned}
 F_y &= F_L = \iiint_V \left( \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} \right) dx dy \\
 &= \iiint_V \left( \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} \right) dx dy + \iiint_V \left( \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} \right) dy dx = \oint_S \sigma_{yx} ds + \oint_S \sigma_{yy} ds \\
 &= \int_{y_1}^{y_2} (\sigma_{yx}|_{f_1(y)} - \sigma_{yx}|_{f_2(y)}) dy + \int_{x_1}^{x_2} (\sigma_{yy}|_{g_1(x)} - \sigma_{yy}|_{g_2(x)}) dx \Big|_{\text{only Cartesian}}
 \end{aligned} \quad (13)$$

$$\sigma_{xx} = -p + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \quad \sigma_{xy} = \sigma_{yx} = \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \quad \sigma_{yy} = -p + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \quad (14)$$

$$C_D = \frac{F_D}{\rho U^2 D/2} \quad C_L = \frac{F_L}{\rho U^2 D/2} \quad (15)$$

$$St = f_L D / U \quad (16)$$

## 【0056】

## 3. 計算結果および考察

流体の数値解析において解析スキームや数値モデルなどを検証することにあたって、内部流のベンチマークテストとしてチャネル流れと、外部流のベンチマークテストとしての円柱まわりの流れはしばしば検証の対象となる。本発明でも、

上記のVOF法を併用したカットセル有限体積法を検証するために、解析理論解のある二次元Poiseuille流と、多くの実験や計算データのある静止円柱まわりの流れについて数値解析を行い、他の研究者のデータとの比較を行った。なお、実用問題に向けての応用例として、バックステップを過ぎる流れ、狭窄管内の流れ、チャンネル内障害物周りの流れ、分岐管内の流れ、複數Bluff Bodyまわりの流れや予混合燃焼器内の流れなどについて解析を行い、その計算結果の可視化例を示す。

【0057】

### 3. 1 チャンネルPoiseuille流による検証

セルのカットされたVOFの効果を検証するため、 $10D \times 10D$ 正方形の解析領域におけるダクトを、0度、10度及び45度を斜めにして解析を行った。全体の格子数は $64 \times 64$ 、ダクトの半幅は $2.5D$ 、この半幅で定義されるレイノルズ数 $Re = 1$ 、時間刻み $\Delta t = 0.0001$ 、解析時間 $steps = 10000$ とする。ダクトの流入条件と流出条件はともに放物型の分布を仮定した。流れ方向の圧力勾配は $1.0$ とした。またHSMAC法を用い、入口・出口および壁での圧力境界条件は直接与えていない。三ケースのVOF分布を図5に示す。図5における破線は、境界を示している。その三ケースに対応する流れ方向速度分布を理論解析解と比較して図6に示す。

【0058】

図6の中に線Aのanalysisは理論解析解であり、線Bの $i = 32$ は第32格子点断面にある流れ軸中心での流れ垂直断面の速度分布である。ダクトを傾けない（角度0）計算結果の速度分布は解析解とよく一致し、傾斜角度を10度、45度にすると、軸中心の最大速度がわずかに過小評価されるものの、全体として解析結果は理論解と一致していると言える。

【0059】

### 3. 2 静止円柱まわり流れによる検証

解析スキームやモデルなどの検証対象となる円柱まわり流れの解析は、直交格子にとって最も困難な例題であろう。本発明では、3.1の解析領域（ $10D \times 10D$ ）と格子数（ $64 \times 64$ ）のままで、円柱直径 $D$ で定義されるレイノルズ

数の  $Re = 1$  から  $Re = 20000$  までの 24 ケースについて、一様流中に置かれている静止円柱まわり流れの解析を行った。計算の無次元時間は 100 とし、円柱の円心座標の図 5 のように  $X = 2.5D$ ,  $Y = 5.0D$  とした。速度の境界条件として、円柱表面で滑り無し条件、流入側の流入条件は一様流（流れ方向速度  $= 1.0$ ）条件、流出側の流出条件は  $X$  方向に自由流出（速度勾配 0）、 $Y$  方向にフリースリップ条件とした。また、HSMAC 法を用いて速度・圧力を同時に緩和するため、流入・流出および壁での圧力境界条件を直接与える必要がない。

#### 【0060】

図 7 は解析格子と解析全領域の VOF 分布を示す。図 8、図 9 はレイノルズ数  $Re = 300$  の場合の、速度ベクトルと圧力等値線であり、円柱後方に周期的なカルマン渦列の形成が観察されており、非定常流の流れパタンーの特徴を捉えている。これはレイノルズ数  $Re > 80$  の場合に共通なので、他のレイノルズ数における計算結果は省略した。

#### 【0061】

図 10、図 11 にそれぞれ実験データなどと比較した無次元時間 50～100 にわたる抗力係数の平均値と、平均 Strouhal 数を示す。抗力係数について、低レイノルズ数 ( $Re < 60$ ) の本発明による計算結果は今井の式による結果 (B) とよく一致している。レイノルズ数  $Re = 100$  付近あたりにおいて、本発明による計算結果は実験データ (C) と比較してわずかに小さくなっている。レイノルズ数  $Re > 400$  では、本発明による計算結果は実験データ (C) とほとんど相違がない結果となっている。

これは主に本発明で用いる空間解像度 ( $10/64 = 0.15$ ) が低いので、 $Re = 100$  (O) オーダー以上になると、円柱壁における境界層は十分に解像されていないと考えられる。図 10 から分かるようにレイノルズ数  $Re > 50$  では、カットセル無しの階段近似による計算結果 (D) は実験より明らかに過大評価される。これに対して、本発明で提案したカットセル VOF 法による計算は、計算結果 (D) に比べて大幅に改善されていることが分かる。

図 11 の平均 Strouhal 数について、本発明での計算結果は、実験デー

タより大きめであるが、レイノルズ数  $Re > 200$  の適正值とされる  $0.2 \sim 0.25$  の範囲に収まっていることがわかる。

#### 【0062】

図12に他の研究者による直交適合格子法〔非特許文献15〕を使用した円柱の抗力係数と揚力係数の解析結果を示す。また図13に一般座標系適合格子法〔非特許文献16〕による抗力係数と揚力係数の解析結果を示す。これら従来の方法による結果では、レイノルズ数  $Re > 200$  の適正值とされる  $0.2 \sim 0.25$  の範囲から部分的に外れていることがわかる。従って本発明による平均 *Strouhal* 数の計算結果（図10、図11）は、これら従来の境界適合格子による計算結果と比べて計算精度が優れていることが分かる。

#### 【0063】

レイノルズ数  $Re = 300$  の場合に無次元時間  $T = 2.5$  の時の可視化実験〔非特許文献17〕の結果と、本発明での同じ条件による計算結果の円柱近傍拡大図を図14に示す。またレイノルズ数  $Re = 550$  の場合（無次元時間  $T = 2.5$ ）に実験〔非特許文献17〕と対照する円柱付近の計算結果を図15に示す。

#### 【0064】

上記の図から分かるようにいずれのケースで円柱付近の双子渦の形状や大きさ、円柱直後から渦の循環再合流までの距離など、本発明での計算結果は可視化実験とよく一致している。

#### 【0065】

図16にレイノルズ数  $Re = 200$  場合の、本発明の方法による円柱抗力と揚力の時間履歴変化を、朴ら〔非特許文献6〕により提案された部分境界適合直交格子法による計算結果と比較して示す。この図から、本発明の等間隔直交格子による抗力および *Strouhal* 数は、部分境界適合直交格子法による結果とよく一致していることが確認された。なお、本発明の揚力の変動幅は部分境界適合直交格子法による結果より小さく評価されているが、これは主に〔非特許文献6〕の計算領域は  $30D \times 15D$  であり、流出境界として放射条件を使用しているためと考えられる。

#### 【0066】

ここで図に示されていないが、本発明でレイノルズ数  $Re = 1$  から  $Re = 20000$  までの 24 ケース計算を行ったが、レイノルズ数 80 以上でカルマン渦が出るようになった。実験や理論の臨界レイノルズ数  $Re = 50$  位に比べてやや大きめであるが、実用上十分であると思われる。

#### 【0067】

### 3. 3 実用問題に向けての応用例

今回開発した解析方法をいくつかの例に応用してみた。それらは図 17 のようにバックステップを過ぎる流れ (A)、狭窄管内の流れ (B)、チャンネル内障害物周りの流れ (C)、分岐管内の流れ (D)、複数 Bluff Body まわりの流れ (E) や予混合燃焼器内の流れ (F) などである。

ここに示しているのは X 方向速度  $u$  分布のみであり、これらの応用例の計算は 3. 1 のダクト計算や 3. 2 の円柱まわりの計算と同じように計算領域は  $10D \times 10D$  で、格子数は  $64 \times 64$  とした。またレイノルズ数は  $Re = 100$ 、流入条件や流出条件等は 3. 2 の計算と同じにした。つまり、開発した計算プログラムを変更することなく、V-CAD データを直接に入力するだけで、任意形状の流れ場を計算できるようになった。

#### 【0068】

### 4. 結論

(1) V-CAD データを直接利用する流体解析方法を開発し、内部流・外部流ともにベンチマークテストを用いて検証した。その結果、本発明で提案したカットセル VOF 解析方法は十分な安定性を有し、境界適合格子に劣らない計算精度を持つことが検証された。

(2) 流れ場の形状に関しては、どんな複雑な形状があっても、V-CAD データさえを読み込めば、短時間で直接二次元の非圧縮粘性流れの数値シミュレーションができるようになった。

#### 【0069】

#### 【発明の効果】

上述したように、次世代 CAD として期待されている V-CAD ボクセルデータを直接利用する任意形状の非圧縮粘性流れ場の数値解析方法の開発を行った。

流れ場の境界には、VOF法を併用したカットセル有限体積法を用いた。二次元のチャンネル内流れと円柱まわり流れを用いて調べた結果、この方法はある程度の精度と安定性を有し、計算コストがあまりかからない実用計算方法であることが分かった。

#### 【0070】

従って、本発明のV-CADデータを直接用いた非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析方法と装置は、格子生成を完全に自動化することができ、物体境界の表現が容易であり、比較的簡単な計算処理により、精度の高いシミュレーションを短時間で行うことができる等の優れた効果を有する。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の数値解析方法を実行するための数値解析装置の構成図である。

##### 【図2】

本発明の数値解析方法とそのプログラムのフロー図である。

##### 【図3】

二次元における開口率の定義を示す図である。

##### 【図4】

境界セルにおける有限体積法による空間離散化の説明図である。

##### 【図5】

解析した3ケースのVOF分布を示すCRT上の中間調画像である。

##### 【図6】

解析した3ケースの流れ方向速度の分布と理論解析解との比較図である。

##### 【図7】

解析格子とVOF分布を示すCRT上の中間調画像である。

##### 【図8】

速度ベクトルを示すCRT上の中間調画像である。

##### 【図9】

圧力等値線を示すCRT上の中間調画像である。

##### 【図10】

本発明による平均抗力係数を示す図である。

【図 11】

本発明による平均 Strouhal 数を示す図である。

【図 12】

直交適合格子法による静止円柱の抗力係数 (A) と揚力係数 (B) を示す図である。

【図 13】

一般座標系境界適合格子による静止円柱の抗力係数 (A) と揚力係数 (B) を示す図である。

【図 14】

$Re = 300$ ,  $T = 2.5$  の場合の実験による流脈線 (A) と本発明による流脈線 (B) を示す CRT 上の中間調画像である。

【図 15】

$Re = 550$ ,  $T = 2.5$  の場合の実験による流脈線 (A) と本発明による流脈線 (B) を示す CRT 上の中間調画像である。

【図 16】

抗力と揚力の履歴変化を示す本発明の結果 (A) と部分境界適合直交格子法の結果 (B) である。

【図 17】

実用問題に向けての応用例を示す CRT 上の中間調画像である。

【図 18】

先行出願の実体データの記憶方法のフロー図である。

【符号の説明】

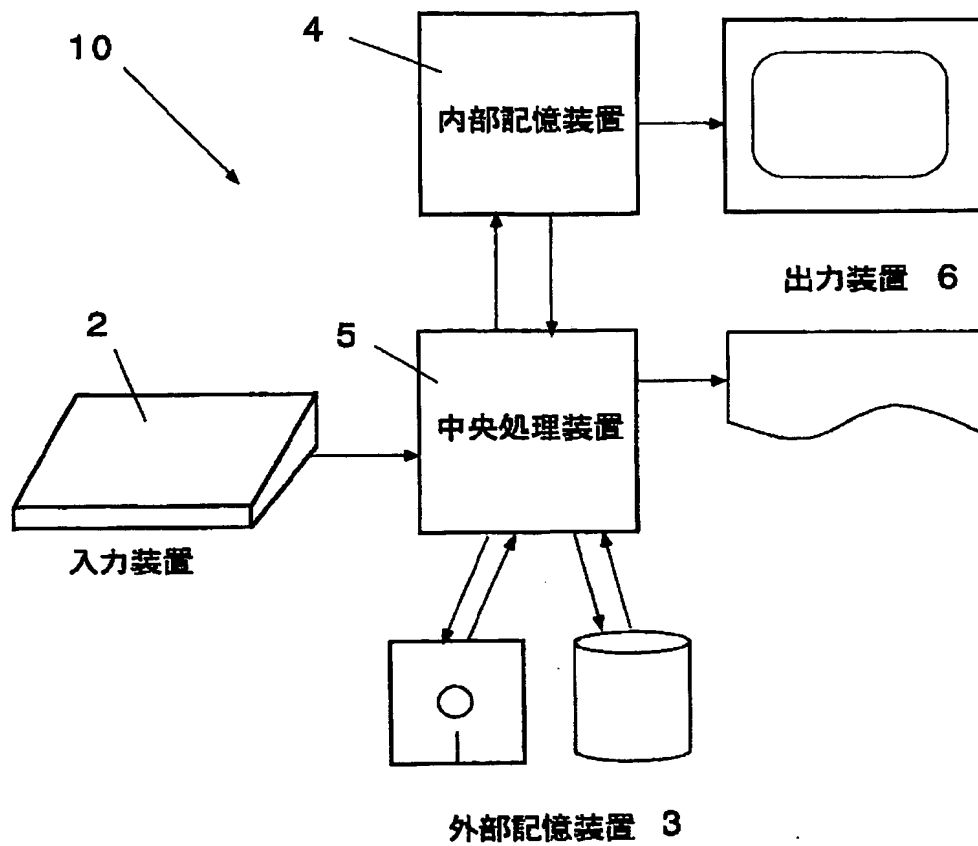
- 2 入力装置、3 外部記憶装置、4 内部記憶装置、
- 5 中央処理装置、6 出力装置、
- 10 数値解析装置、12 外部データ、
- 13 セル、13a 内部セル、13b 境界セル、
- 14 V-CAD データ



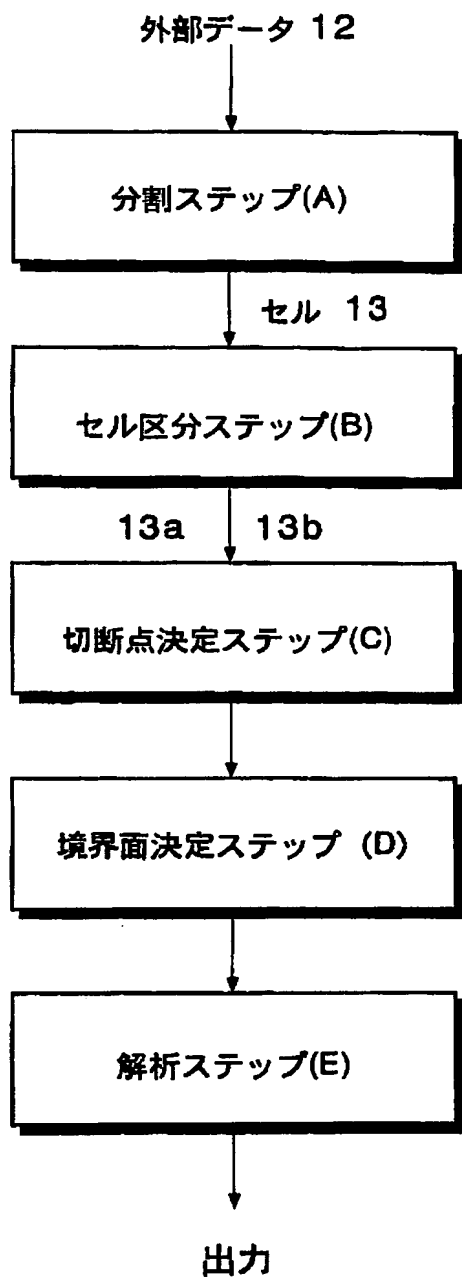
【書類名】

図面

【図 1】

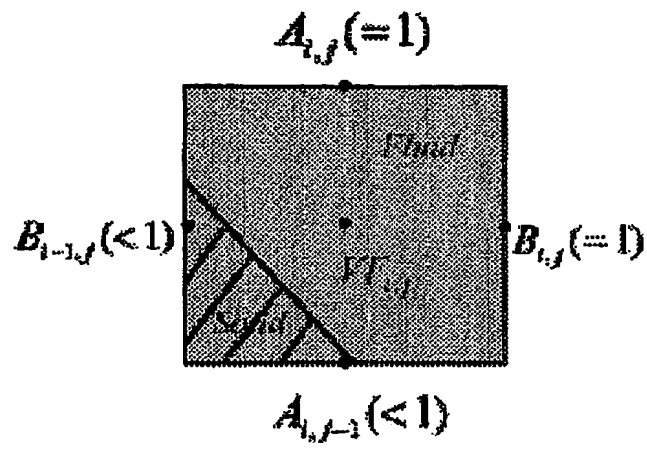


【図 2】

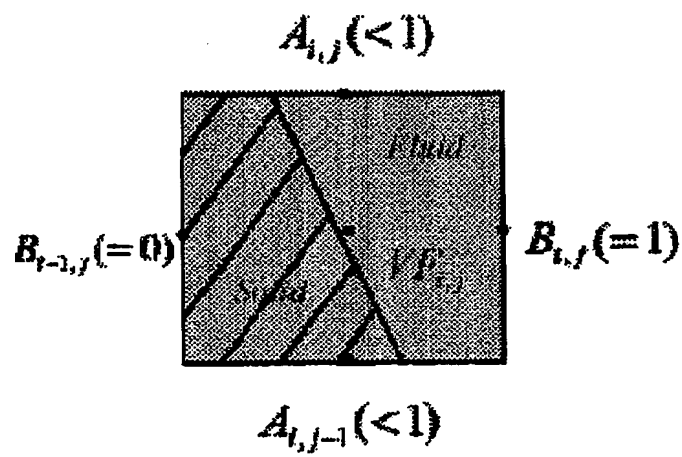


【図 3】

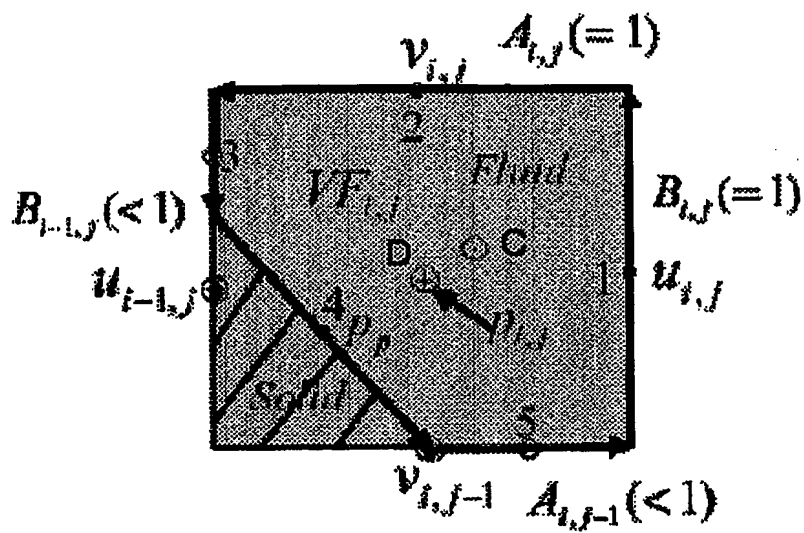
(A)



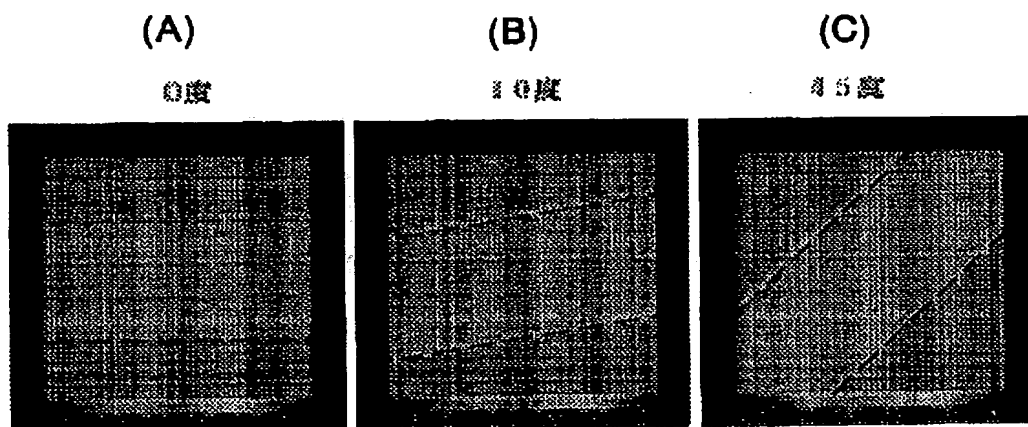
(B)



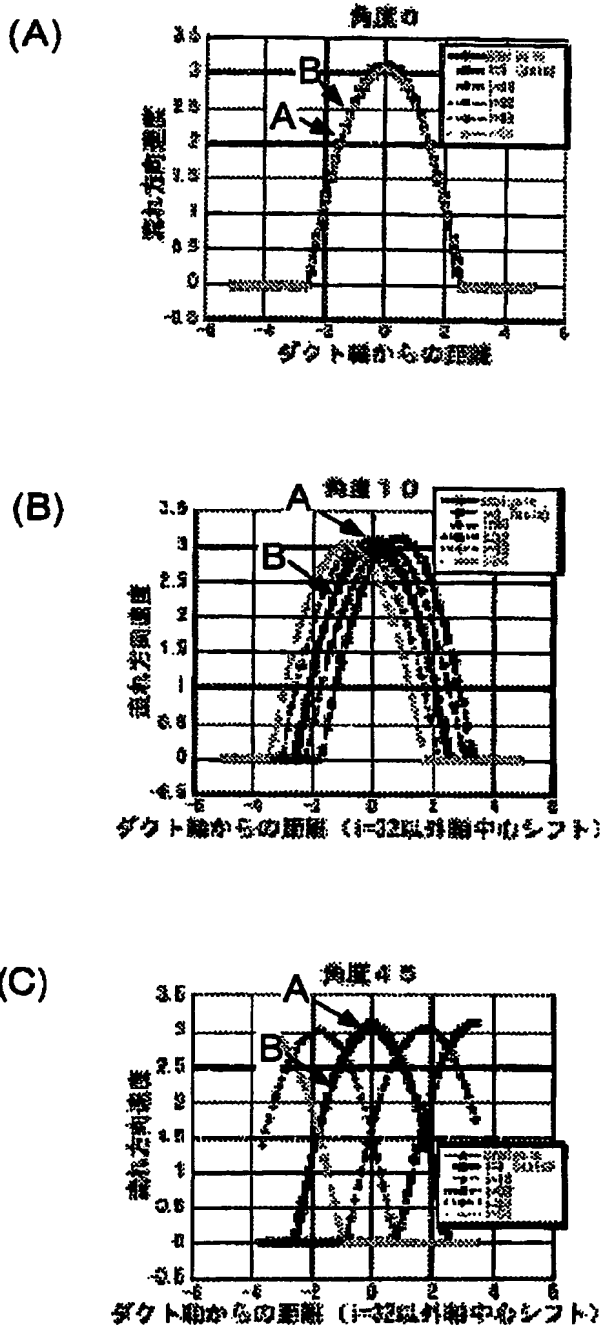
【図 4】



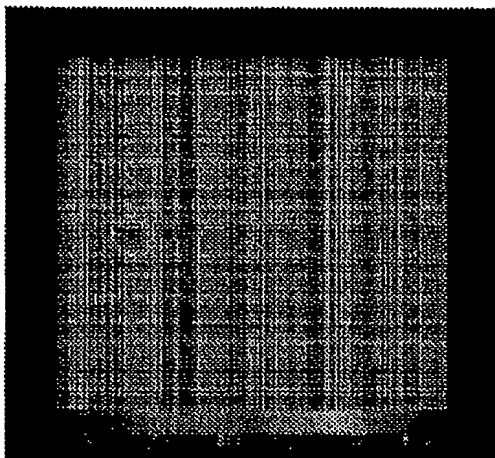
【図 5】



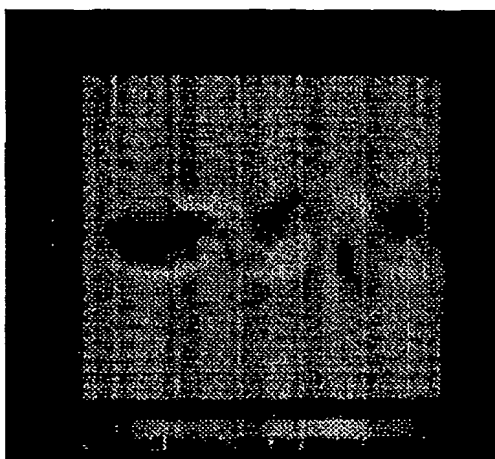
【図 6】



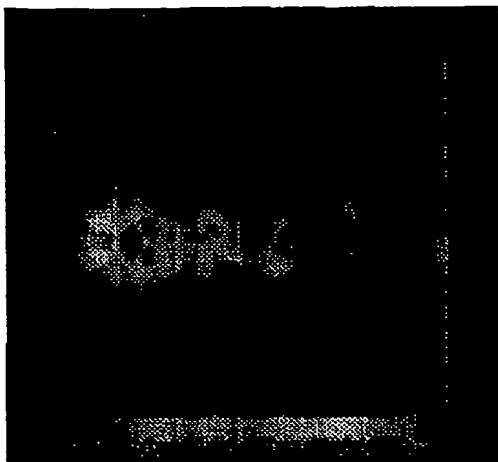
【図 7】



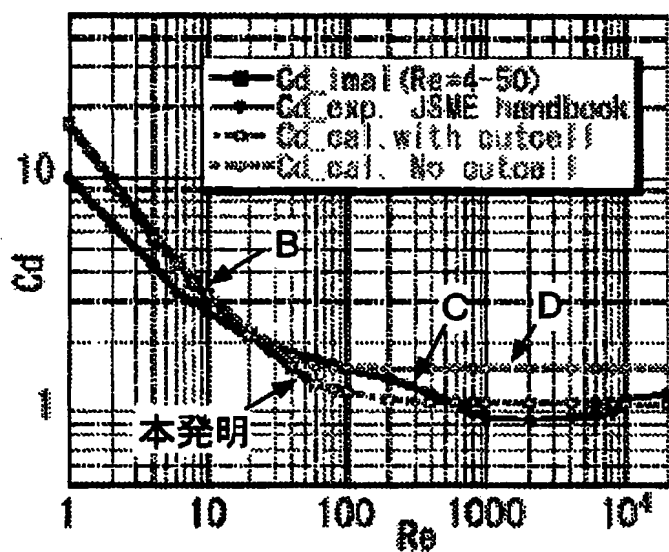
【図 8】



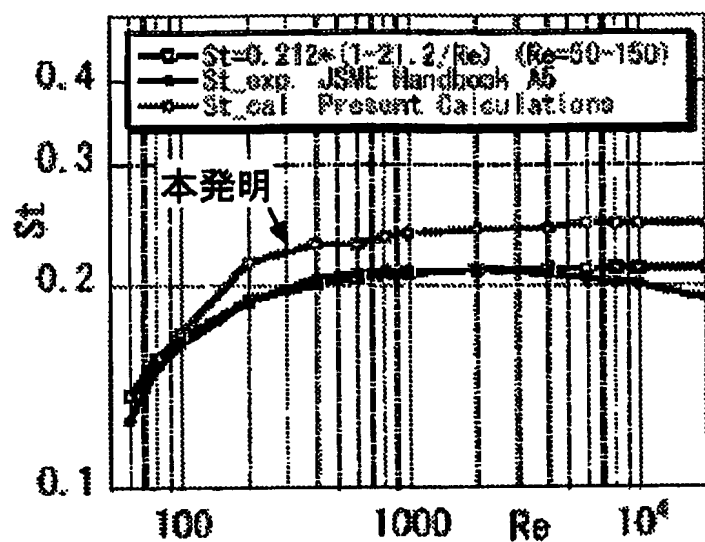
【図 9】



【図 10】



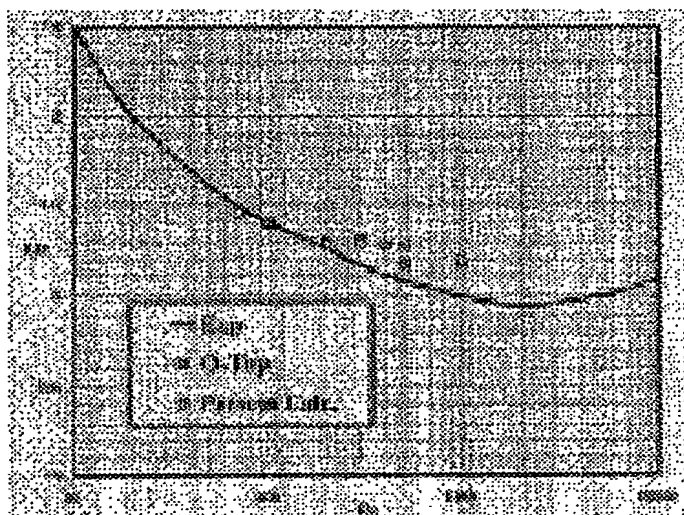
【図 11】



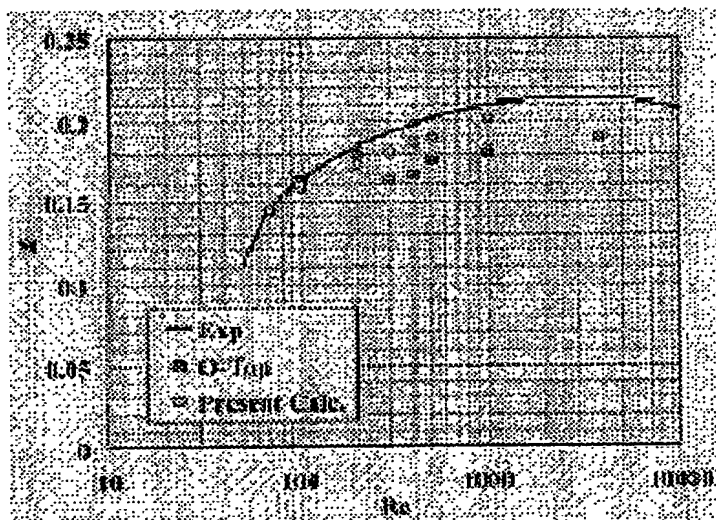


【図 12】

(A)

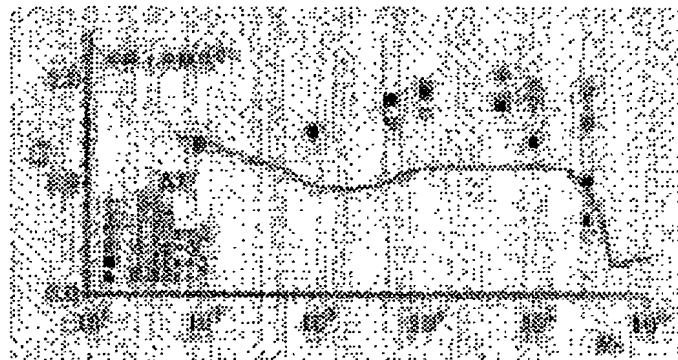


(B)

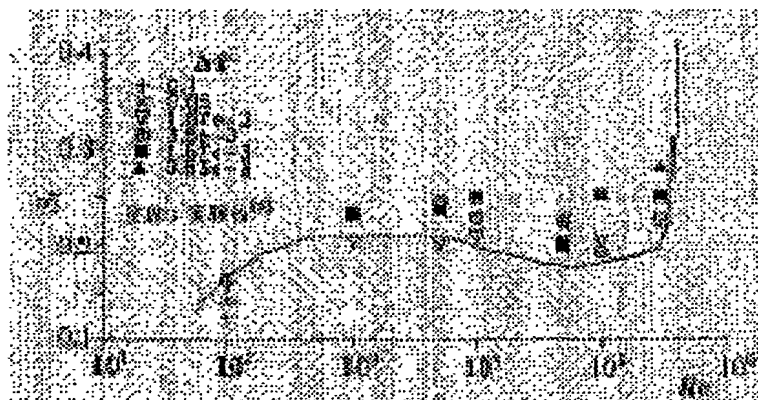


【図 13】

(A)

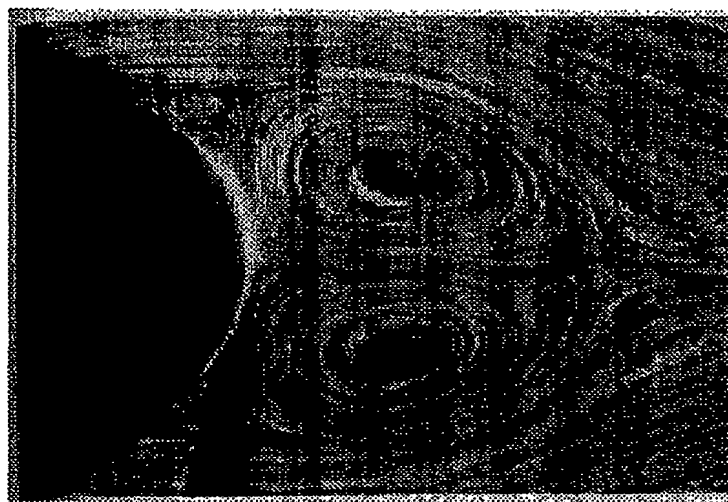


(B)

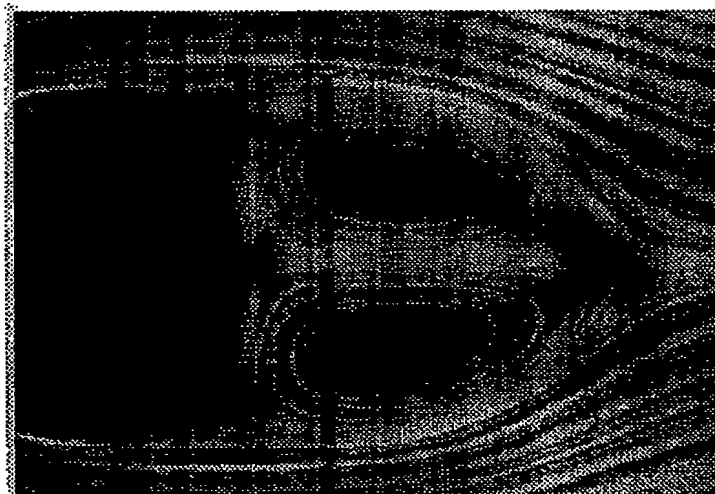


【図 14】

(A)

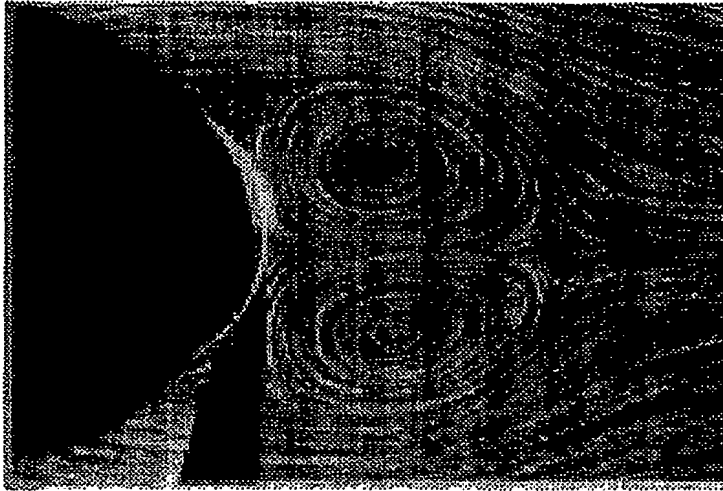


(B)

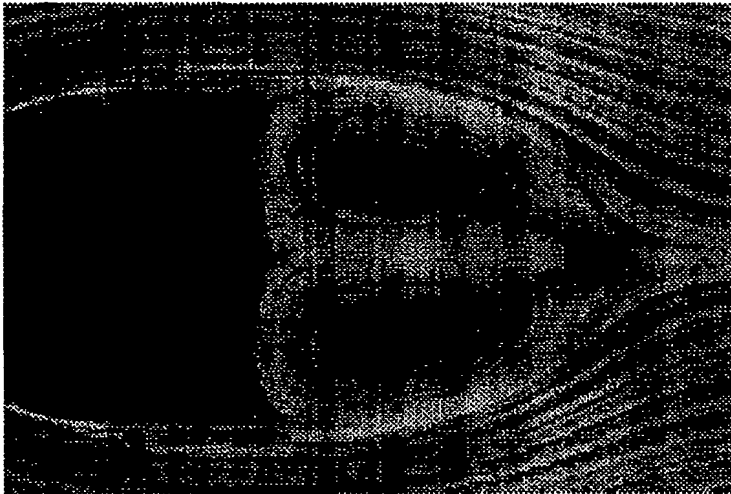


【図 1.5】

(A)

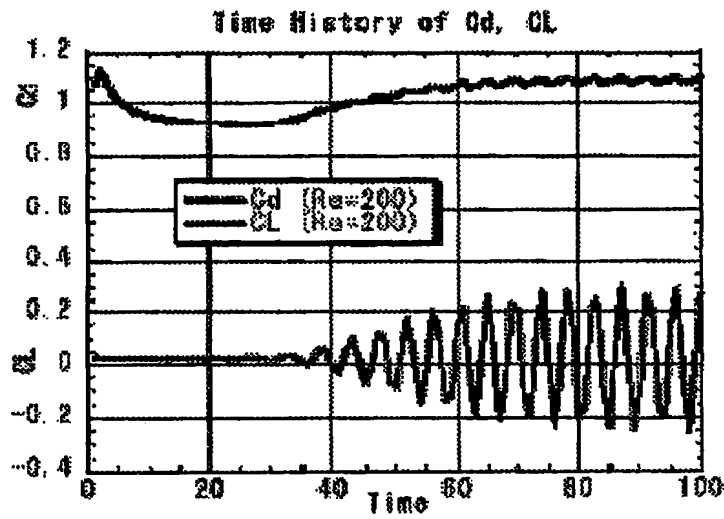


(B)

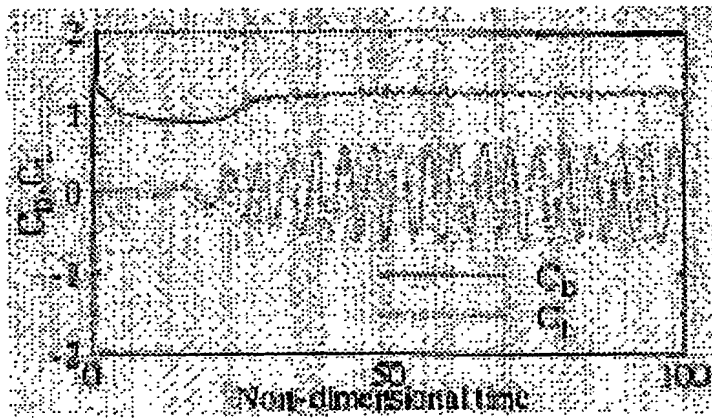


【図 16】

(A)

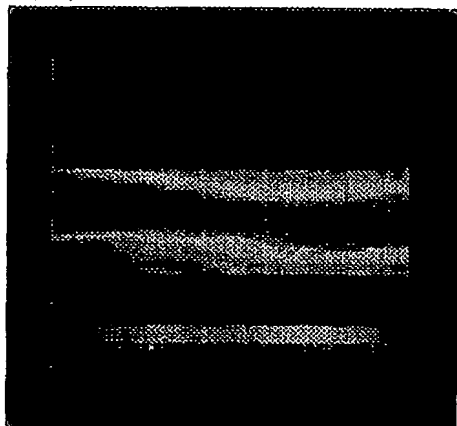


(B)

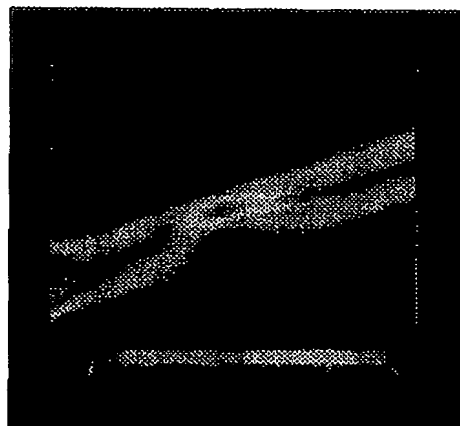


【図 17】

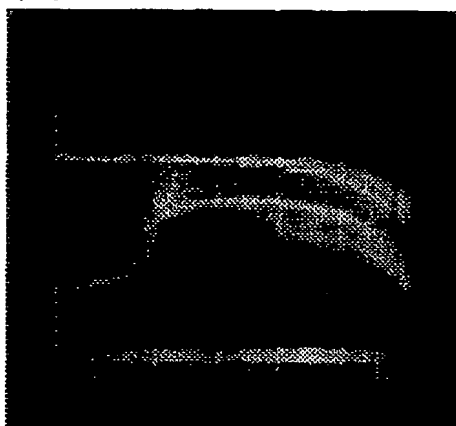
(A)



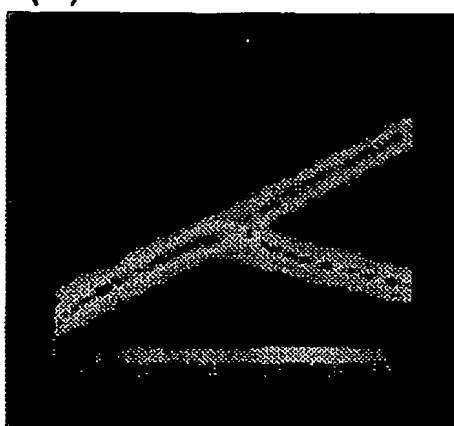
(B)



(C)



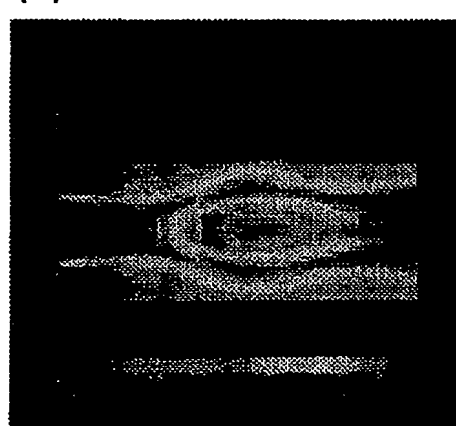
(D)



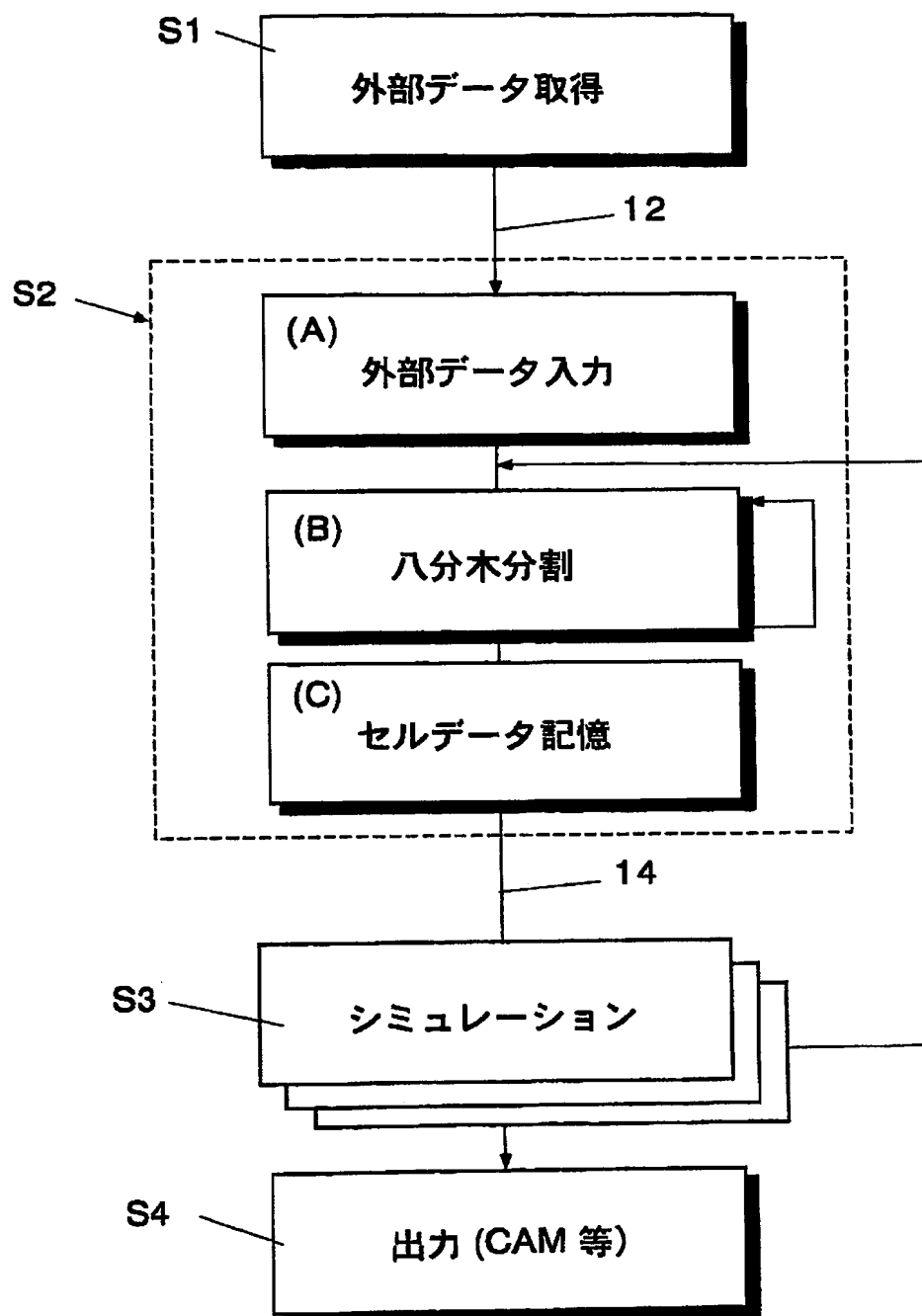
(E)



(F)



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 格子生成を完全に自動化することができ、物体境界の表現が容易であり、比較的簡単な計算処理により、精度の高いシミュレーションを短時間で行うことができる V-CAD データを直接用いた非圧縮性粘性流体の流れ場の数値解析方法と装置を提供する。

【解決手段】 非圧縮性粘性流体と接する対象物の境界データからなる外部データ 12 を境界が直交する複数のセル 13 に分割する分割ステップ (A) と、分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル 13 a と境界データを含む境界セル 13 b とに区分するセル区分ステップ (B) と、境界データによる境界セル 13 b の稜線の切断点を求める切断点決定ステップ (C) と、求めた切断点を結ぶ多角形を境界面のセル内部データとする境界面決定ステップ D と、流れ場の境界に、VOF 法を併用したカットセル有限体積法を適用して解析する解析ステップ (E) とを備える。

【選択図】 図 2

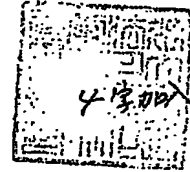


【書類名】 出願人名義変更届（一般承継）  
【提出日】 平成15年12月 1日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【事件の表示】  
【出願番号】 特願2002-379214  
【承継人】  
【識別番号】 503359821  
【住所又は居所】 埼玉県和光市広沢 2 番 1 号  
【氏名又は名称】 独立行政法人理化学研究所  
【承継人代理人】  
【識別番号】 100075812  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 吉武 賢次  
【提出物件の目録】  
【物件名】 権利の承継を証明する書面 1  
【援用の表示】 平成15年11月20日提出の特許第1575167号外98件  
にかか一般承継による特許権の移転登録申請書  
【物件名】 登記簿謄本 1  
【援用の表示】 平成15年11月20日提出の特許第1575167号外98件  
にかか一般承継による特許権の移転登録申請書  
【物件名】 委任状 1

【物件名】

委任状

【添付書類】



委 任 状

私は、

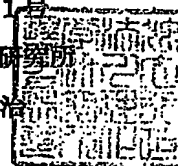
識別番号 100075812 弁理士 吉 武 賢 次 氏  
を代理人と定めて下記事項を委任する。

1. 別紙目録に記載の特許出願に関する出願人名義変更届をする件  
954件
2. 上記各項の手続を処理するため復代理人を選任及び解任する件

以 上

平成 15 年 11 月 13 日

住所又は居所 埼玉県和光市広沢2番1号  
氏名又は名称 独立行政法人 理化学研究所  
代 表 者 理事長 野 依 良 治



目 録 (1)

- |     |                               |      |               |
|-----|-------------------------------|------|---------------|
| 1.  | 特願昭 63-235737                 | 51.  | 特願平 07-327372 |
| 2.  | 特願平 05-044143                 | 52.  | 特願平 08-000652 |
| 3.  | 特願平 05-127257                 | 53.  | 特願平 08-026368 |
| 4.  | 特願平 05-127258                 | 54.  | 特願平 08-030850 |
| 5.  | 特願平 05-213675                 | 55.  | 特願平 08-041279 |
| 6.  | 特願平 05-306164                 | 56.  | 特願平 08-045903 |
| 7.  | 特願平 05-328611                 | 57.  | 特願平 08-051604 |
| 8.  | 特願平 05-336746                 | 58.  | 特願平 08-065715 |
| 9.  | 特願平 06-035100                 | 59.  | 特願平 08-070071 |
| 10. | 特願平 06-061792                 | 60.  | 特願平 08-105667 |
| 11. | 特願平 06-061793                 | 61.  | 特願平 08-107784 |
| 12. | 特願平 06-069150                 | 62.  | 特願平 08-116473 |
| 13. | 特願平 06-097098                 | 63.  | 特願平 08-123475 |
| 14. | 特願平 06-111624                 | 64.  | 特願平 08-127005 |
| 15. | 特願平 06-121100                 | 65.  | 特願平 08-131746 |
| 16. | 特願平 06-145908                 | 66.  | 特願平 08-132846 |
| 17. | 特願平 06-158670                 | 67.  | 特願平 08-132854 |
| 18. | 特願平 06-158671                 | 68.  | 特願平 08-142676 |
| 19. | 特願平 06-165751                 | 69.  | 特願平 08-158078 |
| 20. | 特願平 06-165752                 | 70.  | 特願平 08-167401 |
| 21. | 特願平 06-181857                 | 71.  | 特願平 08-196331 |
| 22. | 特願平 06-235742                 | 72.  | 特願平 08-197050 |
| 23. | 特願平 06-238603                 | 73.  | 特願平 08-197051 |
| 24. | 特願平 06-244764                 | 74.  | 特願平 08-211948 |
| 25. | 特願平 06-248486                 | 75.  | 特願平 08-216506 |
| 26. | 特願平 06-252942                 | 76.  | 特願平 08-216508 |
| 27. | 特願平 06-268723                 | 77.  | 特願平 08-222352 |
| 28. | 特願平 06-293933                 | 78.  | 特願平 08-231066 |
| 29. | 特願平 06-301372                 | 79.  | 特願平 08-233442 |
| 30. | 特願平 06-323795                 | 80.  | 特願平 08-236685 |
| 31. | 特願平 06-324490                 | 81.  | 特願平 08-251410 |
| 32. | 特願平 06-507966 (不刊 2002-12420) | 82.  | 特願平 08-262051 |
| 33. | 特願平 07-007185                 | 83.  | 特願平 08-302896 |
| 34. | 特願平 07-069255                 | 84.  | 特願平 08-308335 |
| 35. | 特願平 07-082880                 | 85.  | 特願平 08-308336 |
| 36. | 特願平 07-083142                 | 86.  | 特願平 08-311467 |
| 37. | 特願平 07-117933                 | 87.  | 特願平 08-315093 |
| 38. | 特願平 07-133487                 | 88.  | 特願平 08-317622 |
| 39. | 特願平 07-205141                 | 89.  | 特願平 08-320241 |
| 40. | 特願平 07-214659                 | 90.  | 特願平 08-506395 |
| 41. | 特願平 07-217276                 | 91.  | 特願平 09-002295 |
| 42. | 特願平 07-236185                 | 92.  | 特願平 09-010602 |
| 43. | 特願平 07-240684                 | 93.  | 特願平 09-019968 |
| 44. | 特願平 07-249244                 | 94.  | 特願平 09-019969 |
| 45. | 特願平 07-259922                 | 95.  | 特願平 09-019971 |
| 46. | 特願平 07-282716                 | 96.  | 特願平 09-024890 |
| 47. | 特願平 07-302793                 | 97.  | 特願平 09-028982 |
| 48. | 特願平 07-306004                 | 98.  | 特願平 09-046824 |
| 49. | 特願平 07-311711                 | 99.  | 特願平 09-049254 |
| 50. | 特願平 07-311715                 | 100. | 特願平 09-053478 |

目 録 (2)

- |      |               |      |               |
|------|---------------|------|---------------|
| 101. | 特願平 09-054595 | 151. | 特願平 10-045434 |
| 102. | 特願平 09-056654 | 152. | 特願平 10-049499 |
| 103. | 特願平 09-057342 | 153. | 特願平 10-049867 |
| 104. | 特願平 09-058774 | 154. | 特願平 10-051489 |
| 105. | 特願平 09-067611 | 155. | 特願平 10-051490 |
| 106. | 特願平 09-074394 | 156. | 特願平 10-051491 |
| 107. | 特願平 09-080480 | 157. | 特願平 10-051492 |
| 108. | 特願平 09-082965 | 158. | 特願平 10-051493 |
| 109. | 特願平 09-091523 | 159. | 特願平 10-060740 |
| 110. | 特願平 09-091591 | 160. | 特願平 10-060741 |
| 111. | 特願平 09-091694 | 161. | 特願平 10-061895 |
| 112. | 特願平 09-096968 | 162. | 特願平 10-076139 |
| 113. | 特願平 09-099061 | 163. | 特願平 10-085207 |
| 114. | 特願平 09-099109 | 164. | 特願平 10-085208 |
| 115. | 特願平 09-104093 | 165. | 特願平 10-103083 |
| 116. | 特願平 09-119730 | 166. | 特願平 10-103115 |
| 117. | 特願平 09-129068 | 167. | 特願平 10-103671 |
| 118. | 特願平 09-134525 | 168. | 特願平 10-104093 |
| 119. | 特願平 09-147964 | 169. | 特願平 10-113493 |
| 120. | 特願平 09-155364 | 170. | 特願平 10-116378 |
| 121. | 特願平 09-159963 | 171. | 特願平 10-121456 |
| 122. | 特願平 09-163630 | 172. | 特願平 10-127520 |
| 123. | 特願平 09-163631 | 173. | 特願平 10-136198 |
| 124. | 特願平 09-171924 | 174. | 特願平 10-149603 |
| 125. | 特願平 09-175896 | 175. | 特願平 10-150494 |
| 126. | 特願平 09-180423 | 176. | 特願平 10-151245 |
| 127. | 特願平 09-189436 | 177. | 特願平 10-155838 |
| 128. | 特願平 09-198201 | 178. | 特願平 10-155841 |
| 129. | 特願平 09-208866 | 179. | 特願平 10-156104 |
| 130. | 特願平 09-221067 | 180. | 特願平 10-156108 |
| 131. | 特願平 09-228345 | 181. | 特願平 10-198313 |
| 132. | 特願平 09-230870 | 182. | 特願平 10-200280 |
| 133. | 特願平 09-253740 | 183. | 特願平 10-217132 |
| 134. | 特願平 09-256795 | 184. | 特願平 10-217180 |
| 135. | 特願平 09-271782 | 185. | 特願平 10-222837 |
| 136. | 特願平 09-291995 | 186. | 特願平 10-227939 |
| 137. | 特願平 09-297084 | 187. | 特願平 10-229591 |
| 138. | 特願平 09-307627 | 188. | 特願平 10-232520 |
| 139. | 特願平 09-308597 | 189. | 特願平 10-232590 |
| 140. | 特願平 09-309848 | 190. | 特願平 10-236009 |
| 141. | 特願平 09-327140 | 191. | 特願平 10-237485 |
| 142. | 特願平 09-327609 | 192. | 特願平 10-238144 |
| 143. | 特願平 09-328742 | 193. | 特願平 10-245293 |
| 144. | 特願平 09-360327 | 194. | 特願平 10-250598 |
| 145. | 特願平 10-002030 | 195. | 特願平 10-250611 |
| 146. | 特願平 10-010471 | 196. | 特願平 10-252128 |
| 147. | 特願平 10-014152 | 197. | 特願平 10-260347 |
| 148. | 特願平 10-015690 | 198. | 特願平 10-260416 |
| 149. | 特願平 10-024892 | 199. | 特願平 10-268791 |
| 150. | 特願平 10-043335 | 200. | 特願平 10-269859 |

## 目 録 (3)

- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| 201. 特願平 10-272529 | 251. 特願平 11-135137  |
| 202. 特願平 10-280351 | 252. 特願平 11-135482  |
| 203. 特願平 10-308533 | 253. 特願平 11-143429  |
| 204. 特願平 10-309765 | 254. 特願平 11-144005  |
| 205. 特願平 10-311673 | 255. 特願平 11-147097  |
| 206. 特願平 10-311674 | 256. 特願平 11-151099  |
| 207. 特願平 10-311675 | 257. 特願平 11-166247  |
| 208. 特願平 10-314856 | 258. 特願平 11-173839  |
| 209. 特願平 10-315751 | 259. 特願平 11-179278  |
| 210. 特願平 10-338896 | 260. 特願平 11-186052  |
| 211. 特願平 10-338897 | 261. 特願平 11-193235  |
| 212. 特願平 10-338898 | 262. 特願平 11-224269  |
| 213. 特願平 10-338899 | 263. 特願平 11-225060  |
| 214. 特願平 10-352428 | 264. 特願平 11-225832  |
| 215. 特願平 10-354665 | 265. 特願平 11-225839  |
| 216. 特願平 10-363297 | 266. 特願平 11-226176  |
| 217. 特願平 10-363329 | 267. 特願平 11-234800  |
| 218. 特願平 10-506788 | 268. 特願平 11-240325  |
| 219. 特願平 10-532832 | 269. 特願平 11-240910  |
| 220. 特願平 10-535583 | 270. 特願平 11-241737  |
| 221. 特願平 11-008183 | 271. 特願平 11-242438  |
| 222. 特願平 11-013380 | 272. 特願平 11-242490  |
| 223. 特願平 11-015176 | 273. 特願平 11-253851  |
| 224. 特願平 11-031724 | 274. 特願平 11-260947  |
| 225. 特願平 11-035776 | 275. 特願平 11-277759  |
| 226. 特願平 11-046372 | 276. 特願平 11-278976  |
| 227. 特願平 11-055835 | 277. 特願平 11-279324  |
| 228. 特願平 11-055867 | 278. 特願平 11-281632  |
| 229. 特願平 11-055930 | 279. 特願平 11-303976  |
| 230. 特願平 11-056957 | 280. 特願平 11-309616  |
| 231. 特願平 11-057381 | 281. 特願平 11-315036  |
| 232. 特願平 11-057749 | 282. 特願平 11-321282  |
| 233. 特願平 11-058103 | 283. 特願平 11-336079  |
| 234. 特願平 11-061079 | 284. 特願平 11-346467  |
| 235. 特願平 11-061080 | 285. 特願平 11-354563  |
| 236. 特願平 11-064193 | 286. 特願平 11-360274  |
| 237. 特願平 11-064372 | 287. 特願平 11-365899  |
| 238. 特願平 11-064506 | 288. 特願平 11-373483  |
| 239. 特願平 11-065136 | 289. 特願平 11-510791  |
| 240. 特願平 11-074385 | 290. 特願平 11-515324  |
| 241. 特願平 11-081225 | 291. 特願 2000-001783 |
| 242. 特願平 11-090383 | 292. 特願 2000-005221 |
| 243. 特願平 11-091875 | 293. 特願 2000-009363 |
| 244. 特願平 11-103231 | 294. 特願 2000-010516 |
| 245. 特願平 11-104509 | 295. 特願 2000-011147 |
| 246. 特願平 11-106920 | 296. 特願 2000-011623 |
| 247. 特願平 11-124187 | 297. 特願 2000-016518 |
| 248. 特願平 11-130771 | 298. 特願 2000-016622 |
| 249. 特願平 11-130814 | 299. 特願 2000-017112 |
| 250. 特願平 11-130815 | 300. 特願 2000-018612 |

目録(4)

301.	特願 2000-019195	351.	特願 2000-141763
302.	特願 2000-019528	352.	特願 2000-148843
303.	特願 2000-020067	353.	特願 2000-152455
304.	特願 2000-030321	354.	特願 2000-152469
305.	特願 2000-034109	355.	特願 2000-154484
306.	特願 2000-039082	356.	特願 2000-161895
307.	特願 2000-040355	357.	特願 2000-163122
308.	特願 2000-041927	358.	特願 2000-164584
309.	特願 2000-041929	359.	特願 2000-179723
310.	特願 2000-045318	360.	特願 2000-181281
311.	特願 2000-045855	361.	特願 2000-184259
312.	特願 2000-051488	362.	特願 2000-184295
313.	特願 2000-051650	363.	特願 2000-191007
314.	特願 2000-052040	364.	特願 2000-191265
315.	特願 2000-053707	365.	特願 2000-192332
316.	特願 2000-054949	366.	特願 2000-193817
317.	特願 2000-056093	367.	特願 2000-195384
318.	特願 2000-056879	368.	特願 2000-196991
319.	特願 2000-057564	369.	特願 2000-197022
320.	特願 2000-057565	370.	特願 2000-202801
321.	特願 2000-057566	371.	特願 2000-216457
322.	特願 2000-058133	372.	特願 2000-223714
323.	特願 2000-058282	373.	特願 2000-224970
324.	特願 2000-062316	374.	特願 2000-225486
325.	特願 2000-064142	375.	特願 2000-225864
326.	特願 2000-064209	376.	特願 2000-225978
327.	特願 2000-071119	377.	特願 2000-226361
328.	特願 2000-076122	378.	特願 2000-229191
329.	特願 2000-085874	379.	特願 2000-230551
330.	特願 2000-089078	380.	特願 2000-237165
331.	特願 2000-092693	381.	特願 2000-237166
332.	特願 2000-100395	382.	特願 2000-237533
333.	特願 2000-105139	383.	特願 2000-246309
334.	特願 2000-105917	384.	特願 2000-248331
335.	特願 2000-107160	385.	特願 2000-249232
336.	特願 2000-108409	386.	特願 2000-256149
337.	特願 2000-109638	387.	特願 2000-257080
338.	特願 2000-109954	388.	特願 2000-257083
339.	特願 2000-118361	389.	特願 2000-260030
340.	特願 2000-120874	390.	特願 2000-261233
341.	特願 2000-123634	391.	特願 2000-264743
342.	特願 2000-128431	392.	特願 2000-265344
343.	特願 2000-131049	393.	特願 2000-278502
344.	特願 2000-131050	394.	特願 2000-279557
345.	特願 2000-131745	395.	特願 2000-292422
346.	特願 2000-134427	396.	特願 2000-292832
347.	特願 2000-136551	397.	特願 2000-299812
348.	特願 2000-136572	398.	特願 2000-307464
349.	特願 2000-138977	399.	特願 2000-308248
350.	特願 2000-141566	400.	特願 2000-309581

目 録 (5)

401.	特願 2000-319775	451.	特願 2001-071435
402.	特願 2000-322056	452.	特願 2001-072650
403.	特願 2000-333311	453.	特願 2001-072668
404.	特願 2000-334686	454.	特願 2001-072963
405.	特願 2000-334969	455.	特願 2001-073028
406.	特願 2000-343912	456.	特願 2001-074964
407.	特願 2000-347398	457.	特願 2001-074965
408.	特願 2000-347885	458.	特願 2001-077257
409.	特願 2000-358121	459.	特願 2001-078671
410.	特願 2000-368566	460.	特願 2001-084173
411.	特願 2000-374626	461.	特願 2001-089541
412.	特願 2000-375090	462.	特願 2001-091911
413.	特願 2000-378421	463.	特願 2001-092337
414.	特願 2000-378942	464.	特願 2001-116171
415.	特願 2000-378950	465.	特願 2001-124294
416.	特願 2000-384771	466.	特願 2001-124452
417.	特願 2000-387016	467.	特願 2001-127575
418.	特願 2000-394815	468.	特願 2001-127576
419.	特願 2000-396445	469.	特願 2001-135357
420.	特願 2000-399940	470.	特願 2001-137087
421.	特願 2000-400336	471.	特願 2001-138103
422.	特願 2000-401110	472.	特願 2001-142583
423.	特願 2000-401245	473.	特願 2001-147081
424.	特願 2000-401258	474.	特願 2001-152364
425.	特願 2000-503838	475.	特願 2001-152379
426.	特願 2000-571733	476.	特願 2001-153447
427.	特願 2000-571943	477.	特願 2001-155572
428.	特願 2000-602588	478.	特願 2001-163740
429.	特願 2000-602900	479.	特願 2001-164819
430.	特願 2000-618709	480.	特願 2001-164997
431.	特願 2001-003476	481.	特願 2001-165133
432.	特願 2001-005615	482.	特願 2001-167910
433.	特願 2001-007979	483.	特願 2001-168784
434.	特願 2001-016626	484.	特願 2001-171705
435.	特願 2001-025030	485.	特願 2001-173331
436.	特願 2001-037141	486.	特願 2001-174421
437.	特願 2001-037147	487.	特願 2001-174553
438.	特願 2001-042501	488.	特願 2001-175898
439.	特願 2001-044933	489.	特願 2001-178169
440.	特願 2001-047762	490.	特願 2001-179858
441.	特願 2001-050645	491.	特願 2001-180552
442.	特願 2001-053550	492.	特願 2001-180554
443.	特願 2001-054717	493.	特願 2001-187735
444.	特願 2001-059115	494.	特願 2001-197185
445.	特願 2001-059892	495.	特願 2001-197897
446.	特願 2001-060848	496.	特願 2001-200854
447.	特願 2001-062703	497.	特願 2001-201356
448.	特願 2001-065799	498.	特願 2001-202971
449.	特願 2001-065917	499.	特願 2001-203089
450.	特願 2001-068285	500.	特願 2001-206505

目録(6)

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 501. 特願 2001-206522 | 551. 特願 2001-325367 |
| 502. 特願 2001-206523 | 552. 特願 2001-326872 |
| 503. 特願 2001-209305 | 553. 特願 2001-327853 |
| 504. 特願 2001-212947 | 554. 特願 2001-329023 |
| 505. 特願 2001-216505 | 555. 特願 2001-332168 |
| 506. 特願 2001-220219 | 556. 特願 2001-337467 |
| 507. 特願 2001-226176 | 557. 特願 2001-339396 |
| 508. 特願 2001-228287 | 558. 特願 2001-339593 |
| 509. 特願 2001-228374 | 559. 特願 2001-346035 |
| 510. 特願 2001-235412 | 560. 特願 2001-347316 |
| 511. 特願 2001-235747 | 561. 特願 2001-347637 |
| 512. 特願 2001-238951 | 562. 特願 2001-349614 |
| 513. 特願 2001-241023 | 563. 特願 2001-351730 |
| 514. 特願 2001-243930 | 564. 特願 2001-352189 |
| 515. 特願 2001-246642 | 565. 特願 2001-353038 |
| 516. 特願 2001-249976 | 566. 特願 2001-358446 |
| 517. 特願 2001-254377 | 567. 特願 2001-358581 |
| 518. 特願 2001-254378 | 568. 特願 2001-359710 |
| 519. 特願 2001-255589 | 569. 特願 2001-374928 |
| 520. 特願 2001-256576 | 570. 特願 2001-376591 |
| 521. 特願 2001-257188 | 571. 特願 2001-378757 |
| 522. 特願 2001-261158 | 572. 特願 2001-380473 |
| 523. 特願 2001-266004 | 573. 特願 2001-382537 |
| 524. 特願 2001-266069 | 574. 特願 2001-382539 |
| 525. 特願 2001-266454 | 575. 特願 2001-382599 |
| 526. 特願 2001-267194 | 576. 特願 2001-385258 |
| 527. 特願 2001-267379 | 577. 特願 2001-385512 |
| 528. 特願 2001-267863 | 578. 特願 2001-385513 |
| 529. 特願 2001-272977 | 579. 特願 2001-385538 |
| 530. 特願 2001-273964 | 580. 特願 2001-388116 |
| 531. 特願 2001-276053 | 581. 特願 2001-390122 |
| 532. 特願 2001-279406 | 582. 特願 2001-392087 |
| 533. 特願 2001-280319 | 583. 特願 2001-392088 |
| 534. 特願 2001-285145 | 584. 特願 2001-395196 |
| 535. 特願 2001-291059 | 585. 特願 2001-396120 |
| 536. 特願 2001-292223 | 586. 特願 2001-397762 |
| 537. 特願 2001-292224 | 587. 特願 2001-397998 |
| 538. 特願 2001-293000 | 588. 特願 2001-401139 |
| 539. 特願 2001-293054 | 589. 特願 2001-515803 |
| 540. 特願 2001-293936 | 590. 特願 2001-523852 |
| 541. 特願 2001-294013 | 591. 特願 2001-557672 |
| 542. 特願 2001-298140 | 592. 特願 2002-000993 |
| 543. 特願 2001-298402 | 593. 特願 2002-005746 |
| 544. 特願 2001-307340 | 594. 特願 2002-010344 |
| 545. 特願 2001-309501 | 595. 特願 2002-011558 |
| 546. 特願 2001-309508 | 596. 特願 2002-019752 |
| 547. 特願 2001-309984 | 597. 特願 2002-020329 |
| 548. 特願 2001-310554 | 598. 特願 2002-022499 |
| 549. 特願 2001-313430 | 599. 特願 2002-028046 |
| 550. 特願 2001-319360 | 600. 特願 2002-028109 |



目 録 (7)

601.	特願 2002-040151	651.	特願 2002-162157
602.	特願 2002-042829	652.	特願 2002-162211
603.	特願 2002-044340	653.	特願 2002-162365
604.	特願 2002-044640	654.	特願 2002-167759
605.	特願 2002-046188	655.	特願 2002-170068
606.	特願 2002-047799	656.	特願 2002-170902
607.	特願 2002-053190	657.	特願 2002-176435
608.	特願 2002-053575	658.	特願 2002-176583
609.	特願 2002-055272	659.	特願 2002-183722
610.	特願 2002-057253	660.	特願 2002-185966
611.	特願 2002-057565	661.	特願 2002-187362
612.	特願 2002-057935	662.	特願 2002-187957
613.	特願 2002-057963	663.	特願 2002-188281
614.	特願 2002-066249	664.	特願 2002-189265
615.	特願 2002-070624	665.	特願 2002-194627
616.	特願 2002-070987	666.	特願 2002-197812
617.	特願 2002-071924	667.	特願 2002-201443
618.	特願 2002-074902	668.	特願 2002-201575
619.	特願 2002-078164	669.	特願 2002-202118
620.	特願 2002-081467	670.	特願 2002-205814
621.	特願 2002-081502	671.	特願 2002-205825
622.	特願 2002-083081	672.	特願 2002-217714
623.	特願 2002-084139	673.	特願 2002-221188
624.	特願 2002-085017	674.	特願 2002-225469
625.	特願 2002-087342	675.	特願 2002-225724
626.	特願 2002-094681	676.	特願 2002-226859
627.	特願 2002-095132	677.	特願 2002-227286
628.	特願 2002-095389	678.	特願 2002-229686
629.	特願 2002-100431	679.	特願 2002-230562
630.	特願 2002-106561	680.	特願 2002-235294
631.	特願 2002-119320	681.	特願 2002-235737
632.	特願 2002-120371	682.	特願 2002-236838
633.	特願 2002-123347	683.	特願 2002-237058
634.	特願 2002-128854	684.	特願 2002-237092
635.	特願 2002-133717	685.	特願 2002-248946
636.	特願 2002-133749	686.	特願 2002-253322
637.	特願 2002-134313	687.	特願 2002-253689
638.	特願 2002-141187	688.	特願 2002-253697
639.	特願 2002-141438	689.	特願 2002-254096
640.	特願 2002-142260	690.	特願 2002-257924
641.	特願 2002-149471	691.	特願 2002-260788
642.	特願 2002-149931	692.	特願 2002-261499
643.	特願 2002-150541	693.	特願 2002-264969
644.	特願 2002-154688	694.	特願 2002-267114
645.	特願 2002-154695	695.	特願 2002-268987
646.	特願 2002-154823	696.	特願 2002-270917
647.	特願 2002-158237	697.	特願 2002-271375
648.	特願 2002-158352	698.	特願 2002-271473
649.	特願 2002-160277	699.	特願 2002-273996
650.	特願 2002-162148	700.	特願 2002-274469

目 録 (8)

- |      |                |      |                |
|------|----------------|------|----------------|
| 701. | 特願 2002-276051 | 751. | 特願 2003-012738 |
| 702. | 特願 2002-282746 | 752. | 特願 2003-012774 |
| 703. | 特願 2002-286487 | 753. | 特願 2003-015968 |
| 704. | 特願 2002-289209 | 754. | 特願 2003-016044 |
| 705. | 特願 2002-295332 | 755. | 特願 2003-016940 |
| 706. | 特願 2002-296911 | 756. | 特願 2003-017397 |
| 707. | 特願 2002-299429 | 757. | 特願 2003-021499 |
| 708. | 特願 2002-301875 | 758. | 特願 2003-024347 |
| 709. | 特願 2002-303838 | 759. | 特願 2003-024620 |
| 710. | 特願 2002-312131 | 760. | 特願 2003-025277 |
| 711. | 特願 2002-320102 | 761. | 特願 2003-027647 |
| 712. | 特願 2002-320704 | 762. | 特願 2003-027648 |
| 713. | 特願 2002-325909 | 763. | 特願 2003-031882 |
| 714. | 特願 2002-325920 | 764. | 特願 2003-032932 |
| 715. | 特願 2002-332232 | 765. | 特願 2003-038206 |
| 716. | 特願 2002-339344 | 766. | 特願 2003-040642 |
| 717. | 特願 2002-339392 | 767. | 特願 2003-043961 |
| 718. | 特願 2002-339541 | 768. | 特願 2003-050153 |
| 719. | 特願 2002-339551 | 769. | 特願 2003-050446 |
| 720. | 特願 2002-341195 | 770. | 特願 2003-052520 |
| 721. | 特願 2002-343807 | 771. | 特願 2003-052602 |
| 722. | 特願 2002-344279 | 772. | 特願 2003-052613 |
| 723. | 特願 2002-345597 | 773. | 特願 2003-052877 |
| 724. | 特願 2002-347401 | 774. | 特願 2003-053023 |
| 725. | 特願 2002-348760 | 775. | 特願 2003-054182 |
| 726. | 特願 2002-349042 | 776. | 特願 2003-054798 |
| 727. | 特願 2002-354594 | 777. | 特願 2003-054799 |
| 728. | 特願 2002-357768 | 778. | 特願 2003-054846 |
| 729. | 特願 2002-357900 | 779. | 特願 2003-054847 |
| 730. | 特願 2002-358019 | 780. | 特願 2003-054848 |
| 731. | 特願 2002-358967 | 781. | 特願 2003-054849 |
| 732. | 特願 2002-360972 | 782. | 特願 2003-055452 |
| 733. | 特願 2002-360975 | 783. | 特願 2003-056628 |
| 734. | 特願 2002-368112 | 784. | 特願 2003-061426 |
| 735. | 特願 2002-376555 | 785. | 特願 2003-063532 |
| 736. | 特願 2002-376774 | 786. | 特願 2003-065013 |
| 737. | 特願 2002-376831 | 787. | 特願 2003-071028 |
| 738. | 特願 2002-379214 | 788. | 特願 2003-072979 |
| 739. | 特願 2002-380624 | 789. | 特願 2003-074168 |
| 740. | 特願 2002-381888 | 790. | 特願 2003-076107 |
| 741. | 特願 2002-382170 | 791. | 特願 2003-078999 |
| 742. | 特願 2002-383870 | 792. | 特願 2003-079598 |
| 743. | 特願 2002-521644 | 793. | 特願 2003-079613 |
| 744. | 特願 2002-532458 | 794. | 特願 2003-082466 |
| 745. | 特願 2002-546564 | 795. | 特願 2003-083318 |
| 746. | 特願 2002-548185 | 796. | 特願 2003-083433 |
| 747. | 特願 2002-570743 | 797. | 特願 2003-083480 |
| 748. | 特願 2003-003450 | 798. | 特願 2003-085193 |
| 749. | 特願 2003-012550 | 799. | 特願 2003-089026 |
| 750. | 特願 2003-012694 | 800. | 特願 2003-090331 |

目 録 (9)

801.	特願 2003-091446	851.	特願 2003-127135
802.	特願 2003-092654	852.	特願 2003-127150
803.	特願 2003-093642	853.	特願 2003-128818
804.	特願 2003-094272	854.	特願 2003-128897
805.	特願 2003-094719	855.	特願 2003-129347
806.	特願 2003-095770	856.	特願 2003-131313
807.	特願 2003-095884	857.	特願 2003-132280
808.	特願 2003-095885	858.	特願 2003-132605
809.	特願 2003-095886	859.	特願 2003-132606
810.	特願 2003-095904	860.	特願 2003-135591
811.	特願 2003-097283	861.	特願 2003-136445
812.	特願 2003-097327	862.	特願 2003-139397
813.	特願 2003-101917	863.	特願 2003-140684
814.	特願 2003-104928	864.	特願 2003-142303
815.	特願 2003-105362	865.	特願 2003-143932
816.	特願 2003-107267	866.	特願 2003-145221
817.	特願 2003-107268	867.	特願 2003-145390
818.	特願 2003-107647	868.	特願 2003-147820
819.	特願 2003-107885	869.	特願 2003-150690
820.	特願 2003-109575	870.	特願 2003-153014
821.	特願 2003-115750	871.	特願 2003-153015
822.	特願 2003-115793	872.	特願 2003-153016
823.	特願 2003-115847	873.	特願 2003-153985
824.	特願 2003-115888	874.	特願 2003-154009
825.	特願 2003-116232	875.	特願 2003-154841
826.	特願 2003-116895	876.	特願 2003-155397
827.	特願 2003-118161	877.	特願 2003-155407
828.	特願 2003-118186	878.	特願 2003-158017
829.	特願 2003-119749	879.	特願 2003-161005
830.	特願 2003-119930	880.	特願 2003-164126
831.	特願 2003-120934	881.	特願 2003-170051
832.	特願 2003-121233	882.	特願 2003-170324
833.	特願 2003-121261	883.	特願 2003-170325
834.	特願 2003-121273	884.	特願 2003-170326
835.	特願 2003-121780	885.	特願 2003-170327
836.	特願 2003-122245	886.	特願 2003-170328
837.	特願 2003-123984	887.	特願 2003-170329
838.	特願 2003-124654	888.	特願 2003-170330
839.	特願 2003-124655	889.	特願 2003-170573
840.	特願 2003-124826	890.	特願 2003-171576
841.	特願 2003-124829	891.	特願 2003-171619
842.	特願 2003-124833	892.	特願 2003-172898
843.	特願 2003-124835	893.	特願 2003-175819
844.	特願 2003-125388	894.	特願 2003-177298
845.	特願 2003-125403	895.	特願 2003-180198
846.	特願 2003-125405	896.	特願 2003-182958
847.	特願 2003-127090	897.	特願 2003-192763
848.	特願 2003-127093	898.	特願 2003-192775
849.	特願 2003-127109	899.	特願 2003-194837
850.	特願 2003-127130	900.	特願 2003-197229

## 目録(10)

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 901. 特願2003-198340 | 951. 特願2003-338191 |
| 902. 特願2003-204075 | 952. 特願2003-339542 |
| 903. 特願2003-205349 | 953. 特願2003-340181 |
| 904. 特願2003-205710 | 954. 特願2003-342519 |
| 905. 特願2003-206546 |                    |
| 906. 特願2003-207698 |                    |
| 907. 特願2003-207771 |                    |
| 908. 特願2003-207772 |                    |
| 909. 特願2003-207850 |                    |
| 910. 特願2003-270049 |                    |
| 911. 特願2003-271473 |                    |
| 912. 特願2003-272421 |                    |
| 913. 特願2003-275055 |                    |
| 914. 特願2003-277958 |                    |
| 915. 特願2003-279130 |                    |
| 916. 特願2003-283972 |                    |
| 917. 特願2003-284055 |                    |
| 918. 特願2003-286640 |                    |
| 919. 特願2003-289138 |                    |
| 920. 特願2003-293912 |                    |
| 921. 特願2003-296474 |                    |
| 922. 特願2003-298558 |                    |
| 923. 特願2003-299424 |                    |
| 924. 特願2003-303979 |                    |
| 925. 特願2003-304452 |                    |
| 926. 特願2003-304453 |                    |
| 927. 特願2003-305689 |                    |
| 928. 特願2003-305844 |                    |
| 929. 特願2003-306137 |                    |
| 930. 特願2003-307564 |                    |
| 931. 特願2003-313014 |                    |
| 932. 特願2003-315355 |                    |
| 933. 特願2003-318801 |                    |
| 934. 特願2003-321497 |                    |
| 935. 特願2003-322948 |                    |
| 936. 特願2003-324974 |                    |
| 937. 特願2003-326510 |                    |
| 938. 特願2003-327645 |                    |
| 939. 特願2003-327907 |                    |
| 940. 特願2003-328600 |                    |
| 941. 特願2003-328840 |                    |
| 942. 特願2003-330418 |                    |
| 943. 特願2003-330569 |                    |
| 944. 特願2003-331848 |                    |
| 945. 特願2003-332756 |                    |
| 946. 特願2003-333798 |                    |
| 947. 特願2003-333932 |                    |
| 948. 特願2003-334036 |                    |
| 949. 特願2003-334083 |                    |
| 950. 特願2003-336365 |                    |

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-379214
受付番号	20308550731
書類名	出願人名義変更届 (一般承継)
担当官	土井 恵子 4264
作成日	平成16年 3月15日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【提出された物件の記事】

【提出物件名】	委任状 (代理権を証明する書面)	1
---------	------------------	---

特願 2 0 0 2 - 3 7 9 2 1 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 6 7 9 2 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 8 日
[変更理由]	新規登録
住 所	埼玉県和光市広沢 2 番 1 号
氏 名	理化学研究所

特願 2 0 0 2 - 3 7 9 2 1 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 5 0 3 3 5 9 8 2 1 ]

1. 変更年月日	2 0 0 3 年 1 0 月 1 日
[変更理由]	新規登録
住 所	埼玉県和光市広沢 2 番 1 号
氏 名	独立行政法人理化学研究所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**